Sebastian Habig (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Wien 2019

Sebastian Habig (Hg.)
Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Herausgeber: Sebastian Habig
Vorstand: Stefan Rumann (Sprecher), Karsten Rincke, Katrin Sommer, Christoph Vogelsang

Erscheinungsjahr 2020

https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Band 40

Universität Duisburg-Essen

Sebastian Habig (Hg.)

Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Wien
2019

Universität Duisburg-Essen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

SEBASTIAN HABIG

Vorwort 1

STEFAN RUMANN

Einführung 2

Plenarvorträge

ELMAR TENORTH

Bildung oder Kompetenzkonstruktion? Über einen scheinbaren Widerspruch und seine Auflösung im Prozess naturwissenschaftlichen Unterrichts. 5

SIMONE ABELS

Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inklusion – Inklusion durch Kompetenzorientierung? 20

ALEXANDER KAUERTZ

»Die Schülerinnen und Schüler können…« Der steinige Weg zur Beschreibung und Förderung fachlicher Kompetenz 31

Ehrenmedaille

RITA WODZINSKI

Laudatio zur Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Ernst Kircher 46

Workshops

PETER WULFF, DAVID BUSCHHÜTER, ANDREA WESTPHAL & ANDREAS BOROWSKI

Potentiale automatischer Sprachverarbeitung für die Fachdidaktik 49

DAVID WOITKOWSKI & CHRISTOPH VOGELSANG

Literaturliste: Zentrale Themen physikdidaktischer Forschung – Aktueller Stand der Arbeiten – 55

SUSANNE METZGER, ANJA LEMBENS & JULIA ARNOLD

Praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten im Spannungsfeld der Disziplinen 60

INGRID KRUMPHALS, THOMAS PLOTZ & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Schülervorstellungen in den Naturwissenschaftsdidaktiken 66

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

LION CORNELIUS GLATZ, ROGER ERB & ALBERT TEICHREW

Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell 70

LAURA BÖGGE & ARNIM LÜHKEN

Experimentiermaterialien und ihr Einfluss auf die Wahrnehmung einer Lernumgebung 74

MARKUS BERGER, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ

Auswirkung virtueller physikalischer Experimente auf das Flow-Erleben 78

DENNIS KIRSTEIN, SEBASTIAN HABIG & MAIK WALPUSKI

Individuelles Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht 82

FABIAN BERNSTEIN, SASCHA SCHMELING, THOMAS WILHELM & JULIA WOITHE

Saliente Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Experimentieren 86

LINA BOYER, ANITA STENDER & HENDRIK HÄRTIG

Einfluss des Experimentiermaterials auf das Experimentieren im Physikunterricht 90

FELIX PAWLAK & KATHARINA GROß

Classroom-Management für das sichere und Gemeinsame Experimentieren 94

VOLKER BRÜGGEMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Einsatz adaptiver Testformate und Umsetzung im Projekt ValiDiS 98

LIVIA MURER, SUSANNE METZGER, ANDREAS VORHOLZER, ANGELA BONETTI & CHRISTOPH GUT

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Einschätzung experimenteller Kompetenz im hands-on-Test 102

ANNA BAUER, PETER REINHOLD & MARC SACHER

Bewertungsmodell zur experimentellen Performanz (Physik)Studierender 106

Messdaten im Physikunterricht

CHRISTOPH HOLZ & SUSANNE HEINICKE

Dann mittel‘ halt! Umgang Studierender mit unsicheren Daten in Unterrichtssituationen 110

SIMON GOERTZ, BENJAMIN DANIEL GÖTZE & HEIDRUN HEINKE

Unterstützung für Lehrkräfte beim Umgang mit Messdaten im Physikunterricht 114

TOBIAS LUDWIG, ENGIN KARDAŞ, TIM DONNER & BURKHARD PRIEMER

Messdaten auswerten lernen – besser argumentieren? Erste Ergebnisse 118

SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER

Fortbildung als Schnittstelle für den Transfer: Eine Bestandsaufnahme 122

VERENA PETERMANN & ANDREAS VORHOLZER

Überzeugungen zum Aufbau fachinhaltlicher und fachmethodischer Kompetenzen 126

MARTINA BRANDENBURGER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, MARTIN SCHWICHOW & JENS WILBERS

Variablenkontrollstrategien in der Grundschule 130

CEM SALIM, MARTINA BRANDENBURGER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MARTIN SCHWICHOW

Intervention zur Variablenkontrollstrategien in der Grundschule 134

Vortragsblock B

Eye-Tracking als Methode in naturwissenschaftsdidaktischer Forschung

PASCAL KLEIN, STEFAN KÜCHEMANN & JOCHEN KUHN

Eye Tracking in der physikdidaktischen Forschung 138

BIANCA WATZKA, CHRISTOPH HOYER, BERNHARD ERTL & RAIMUND GIRWIDZ

Wirkung visueller und auditiver Hinweise in Videos zu Wirbelströmen 142

Nature of Science in der Lehrerbildung

TIM BILLION-KRAMER, HENDRIK LOHSE-BOSSENZ, TOBIAS DÖRFLER & MARKUS REHM

Veränderung des Professionswissens zu NOS im Längsschnitt - eine Messinvarianzprüfung 146

STEFAN MÜLLER & CHRISTIANE S. REINERS

Verständnisfördernde Lernarrangements zu ausgewählten NOS-Aspekten 150

REBEKKA ROETGER & RITA WODZINSKI

Vorstellungsänderungen von Studierenden zu Nature of Science 154

Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik

VOLKER WOEST, PHILIPP ENGELMANN, CLEMENS HOFFMANN, THERESA JÜNGER & MARCEL SIMON

Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik 158

PHILIPP ENGELMANN, CLEMENS HOFFMANN & VOLKER WOEST

Naturwissenschaften integrativ – Ergebnisse eines Entwicklungsprojekts 162

THERESA JÜNGER & VOLKER WOEST

Komplexe organische Stoffklassen im naturwissenschaftlichen Unterricht 166

MARCEL SIMON & VOLKER WOEST

Die Ausbildung professioneller Handlungskompetenzen von Chemielehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor 170

JULIA BRÜGGERHOFF, SARAH RAU-PATSCHKE & STEFAN RUMANN

Lehrerkompetenzen im naturwissenschaftlichen Kontext anschlussfähiger Übergangsgestaltung 174

ERIK HEINE & GESCHE POSPIECH

Der Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einem kontroversen Fachkonzept 178

Vortragsblock C

Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik

ALEXANDER FINGER, CHRISTOPH THYSSEN, DANIEL LAUMANN & VOGELSANG CHRISTOPH

Analyse von Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht 182

LARS-JOCHEN THOMS, ALEXANDER FINGER, DANIEL LAUMANN, CHRISTOPH VOGELSANG, PETER MAYER & CHRISTOPH THYSSEN

Fachbezogene Förderung des Einsatzes digitaler Medien 186

ERIK KREMSER, SEBASTIAN BECKER, TILL BRUCKERMANN, LENA VON KOTZEBUE, CHRISTOPH THYSSEN, LARS-JOCHEN THOMS & ALEXANDER FINGER

Orientierungsrahmen für den Aufbau digitaler Basiskompetenzen 190

BRIGITTE PFLÜGER-SCHMEZER, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ

Analog & Digital – dem Geruch auf der Spur 194

Naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtsqualitätsforschung zwischen generischen und fachspezifischen Merkmalen

CHRISTIAN FÖRTSCH, BIRGIT J. NEUHAUS & ANDREAS NEHRING

Naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtsqualitätsforschung zwischen generischen und fachspezifischen Merkmalen 198

BENJAMIN HEINITZ & ANDREAS NEHRING

Naturwissenschaftsspezifische Unterrichtsqualität - ein systematisches Review im Spiegel der Ziele, Inhalte und Methoden der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer 202

FRIEDERIKE KORNECK, MICHAEL SZOGS, ANDRÉ GROßE & MARVIN KRÜGER

(Physikalische?) Unterrichtsqualität von Microteaching-Sequenzen 206

MARIA KRAMER, CHRISTIAN FÖRTSCH & BIRGIT J. NEUHAUS

Steigern der Unterrichtsqualität – Förderung von Diagnosekompetenzen im Fach Biologie 210

Entwicklung und Evaluation digital-gestützter Lehr- und Lernformate

MATS KIESERLING & INSA MELLE

Tablet-gestütztes Experimentieren und Lernen im Chemieunterricht 214

SANDRA PUDDU, BRIGITTE KOLIANDER, JURE PURGAJ & PHILIPP SPITZER

Forschendes Lernen – inklusiv und digital unterstützen 218

JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC

TPACK und Einstellungen über digitales Lernen von Lehramtsstudierenden 222

FRANZISKA ZIMMERMANN & INSA MELLE

Professionalisierung für einen digital gestützten Chemieunterricht 226

MICHAELA OETTLE & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT

Lehrkräftefachwissen in der Teilchenphysik
Finale Delphi-Ergebnisse 230

SUSANNE GERLACH & STEFAN RUMANN

Die Friseurklasse im Fokus – ein Beitrag zur Standardentwicklung 234

JENNY LORENTZEN, MATHIAS ROPOHL, MIRJAM STEFFENSKY & GERNOT FRIEDRICHS

Vernetzung von universitärem und schulischem Fachwissen
Evaluation einer Interventionsstudie im Lehramtsstudium Chemie 238

SILVIJA MARKIC, LILITH RÜSCHENPÖHLER & MARLON SCHNEIDER

Chemie als „kulturfreie Zone“? Die Perspektive der Lehrpersonen 242

ANJA LEMBENS & SUSANNE HAMMERSCHMID

Entwicklung und Anwendung einer Conceptual Coherence Map zur Analyse
von Schulbüchern anhand des Themas ‚Säuren und Basen‘ 246

Vortragsblock D

BJÖRN RISCH, KARLA BLÖCHER, MARIE SCHEHL & PHILIP WEINBERGER

Das Zertifikat BTN – BNE in der Lehrer*innenbildung 250

RITA WODZINSKI, CLAUDIA WULFF, KATHRIN ZIEPPRECHT, ELLEN CHRISTOFORATOU & EVA-MARIA KOHLMANN

Das interdisziplinäre Profilstudium interESD mit Fokus auf BNE 254

FREDERIK BUB & THORID RABE

Orientierungen zu Technik und Verantwortung im Physikunterricht 258

CHRISTOPHER KURTH & RITA WODZINSKI

Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel Hebel 262

INGRID KRUMPHALS & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Förderung von Diagnosekompetenz im Ph-LA Studium – ein DBR-Projekt 266

SANDRA STEGEMANN & STEFAN RUMANN

„Das ist nicht umsetzbar!“ - Diagnostizieren im Praxissemester 270

CLEMENS MILKER

Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehrer*innenbildung 274

Erklären im Naturwissenschaftsunterricht – Ergebnisse der FALKE-Studie

JANA HEINZE & KARSTEN RINCKE

Wahrnehmung der Sprache in physikalischen Unterrichtserklärungen 278

AXEL EGHTESSAD, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & KERSTIN HÖNER

(Fach)sprachliche Analyse von Unterricht 282

CORINNA PIEBER, WOLFGANG DÜR & BARBARA HINGER

Der Einsatz von TBLT zur Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Physikunterricht 286

MARKUS SEBASTIAN FESER & DIETMAR HÖTTECKE

Schüler_innen schreiben Texte – Physiklehrkräfte beurteilen diese 290

NELE KROLL & DIETMAR HÖTTECKE

Perspektiven von Schüler*innen auf Mehrsprachigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht 294

AGNES SZABONE VARNAI, FABIAN STERZING & PETER REINHOLD

Motive und Verhalten bei der Nutzung von Erklärvideos 298

ERICH REICHEL & SABINE SATTLER

Physik mal anders – Kompetenzförderung durch Lernvideos 302

TIMO HACKEMANN, LENA HEINE & DIETMAR HÖTTECKE

Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte 306

NADEZDA STRUNK & DIETMAR HÖTTECKE

Sprachsensibler Physikunterricht in der Studierendenperspektive 310

WIEBKE LEISEN, ROBERT ALEKSOV, HEIKO KRABBE, HENDRIK HÄRTIG & HANS E. FISCHER

Sprachliche Muster und Repräsentationsformen im Physikunterricht Vorstellung eines Forschungsprogramms 314

Vortragsblock E

MATTHIAS UNGERMANN & VERENA SPATZ

Erste Ergebnisse der Vermittlung von NOS im Schüler*innen-Labor Physik 318

ÜMIT IŞIK ERDOĞAN, SINEM ÖZGÜR DINÇOL & EMINE ERDEM

Außerschulische Lernorte (ASLO) im Chemieunterricht: Museen als Beispiel 322

Teilnahmemotive an und Effekte von Schülerlaborbesuchen

STEFAN SCHWARZER & KATRIN SOMMER

Teilnahmemotive an und Effekte von Schülerlaborbesuchen 326

BERT SCHLÜTER, KATRIN SOMMER & DORIS LEWALTER

Teilnahmemotive bei KEMIE® 329

JOHANNES SCHULZ & BURKHARD PRIEMER

Das situationale epistemische Interesse von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors 333

SEZEN HOLLWECK & STEFAN SCHWARZER

Geschlechtereffekte im bilingualen Schülerlabor 337

INSA STAMER, STEFAN SCHWARZER & ILKA PARCHMANN

Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften 341

HANNE RAUTENSTRAUCH & MAIKE BUSKER

Experimentieren im Naturwissenschafts- und Chemieunterricht 345

NINA SKORSETZ & MANUELA WELZEL-BREUER

Empathisierer und Systematisierer und ihre Motivation in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen im Elementarbereich 349

AYHAN YILMAZ & SINEM DINÇOL ÖZGÜR

Schülermotivation für Chemieunterricht und Selbstwirksamkeit in Chemie 353

STEFFEN WAGNER, JANINE ZIESLER & BURKHARD PRIEMER

Naturwissenschaftliche Interessen von Studierenden des Grundschullehramts 357

FENJA BODESHEIMER & ARNIM LÜHKEN

Der Einfluss eines industriellen Lernumfeldes auf die zukunftsorientierte naturwissenschaftliche Motivation 361

TOBIAS SCHÜTTLER, BIANCA WATZKA & RAIMUND GIRWIDZ

Ist Authentizität wirklich der Trumpf der Schülerlabore? 365

NADINE BOELE & OLIVER TEPNER

Validierung eines Instruments zum Vergleich zeitbasierter Kodierungen hinsichtlich wahrgenommener Lernunterstützung 369

DAVID WOITKOWSKI

Ressourcen zur Problemlösung: Problemschemata 373

AMANY ANNAGGAR & RÜDIGER TIEMANN

A video game as an assessment tool of problem-solving competence 377

KURT HAIM, WOLFGANG ASCHAUER & CHRISTOPH WEBER

Diagnose divergenter Denkstrategien bei naturwiss. Problemstellungen 381

Vortragsblock F

INKA HAAK

Ein Systematisierungsversuch von Forschungsansätzen zur Studieneingangsproblematik 385

BIANCA PACZULLA, VANESSA FISCHER, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Erstsemesterstudierende in Chemie an Universitäten und Fachhochschulen 389

TILMANN JOHN & ERICH STARAUSCHEK

Kumulatives Physiklernen im Lehramtsstudium 393

JANA REHBERG, THOMAS WILHELM, VERENA SPATZ & LAURA GOLDHORN

Pilotierung eines Mindsetfragebogens mit Physik-(Lehramts-)Studierenden 397

Hochschulfachdidaktische Herausforderungen beim Lernen der Chemie

NICOLE GRAULICH & STEFANIE SCHWEDLER

Hochschulfachdidaktische Herausforderungen beim Lernen der Chemie 401

ELKE SUMFLETH & DANIEL AVERBECK

Zum Studienerfolg im ersten Studienjahr 403

STEFANIE SCHWEDLER

Physikalische Chemie zu Studienbeginn Analyse eines Stolpersteins 407

STEFANIE LENZER, BERND SMARSLY & NICOLE GRAULICH

Eine Fallstudie zur Entwicklung domänenspezifischer Expertise 411

ROBERT BITTORF & SASCHA SCHANZE

Lehren und Lernen Organischer Chemie 415

ELISABETH HOFER & ANJA LEMBENS

Professionalisierung von Lehrpersonen für Forschendes Lernen − Herausforderungen und Grenzen 419

CARINA WÖHLKE & DIETMAR HÖTTECKE

Professionelle Unterrichtswahrnehmung und fachdidaktisches Wissen 423

Wie entwickeln sich Wissen und Fähigkeiten im Physiklehramtsstudium?

CHRISTOPH VOGELSANG, ANDREAS BOROWSKI, CHRISTOPH KULGEMEYER & JOSEF RIESE

Wie entwickeln sich Wissen und Fähigkeiten im Physiklehramtsstudium? 427

PATRICK ENKROTT, DAVID BUSCHHÜTER, CHRISTIAN SPODEN, HANS FISCHER & ANDREAS BOROWSKI

Entwicklung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte 431

JAN SCHRÖDER, CHRISTOPH VOGELSANG & JOSEF RIESE

Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden 435

MAREN KEMPIN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER

Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden 439

ANN-KATHRIN JOSWIG & JOSEF RIESE

Ursachen für Veränderungen des physikdidaktischen Wissens im Studium 443

DAVID BUSCHHÜTER, TANJA MUTSCHLER, JAN SCHRÖDER, JOSEF RIESE & ANDREAS BOROWSKI

Basismodelle in Unterrichtsplanungen im Praxissemester Physik 447

PHILIPP SPITZER

Sind naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche „Nerds“? 451

LILITH RÜSCHENPÖHLER & SILVIJA MARKIC

Chemistry Capital: Ein Schlüssel zur Identitätsbildung 455

Vortragsblock G

JANNIS WEBER & THOMAS WILHELM

Eine vergleichende Untersuchung zur Newton’schen Mechanik 459

JUDITH BREUER, CHRISTOPH VOGELSANG & PETER REINHOLD

Der Einfluss von Lehrercharakteristika auf die Nutzung von Unterrichtsmaterialien 463

DANIEL GYSIN, DOROTHEE BROVELLI & MARKUS REHM

Kontextmerkmale und Wissenselemente beim Transfer in der Physik 467

Mathematische Darstellungen im Physikunterricht

WIEBKE KUSKE-JANßEN & GESCHE POSPIECH

LehrerInnen interpretieren Formeln sprachlich: Rechnungen und mathematische Zusammenhänge als Teil sprachlichen Umgangs mit Formeln 471

KAI BLIESMER & MICHAEL KOMOREK

Physikalische Dynamik an der Küste didaktisch rekonstruieren 475

SARAH ZLOKLIKOVITS & MARTIN HOPF

Akzeptanzbefragungen zu elektromagnetischer Strahlung 479

ANDREA HAUFF-ACHLEITNER & MARTIN HOPF

Energieerhaltung in der Sekundarstufe 1 483

PHILIPP BITZENBAUER & JAN-PETER MEYN

Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik mit Einzelphotonenexperimenten – Ergebnisse einer Pilotstudie 487

NICOLE SCHRADER & CLAUS BOLTE

Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität 491

JOHANNA H. RATZEK, SÖREN SCHLEI & DIETMAR HÖTTECKE

Förderung von Bewertungskompetenz durch Reflexion 495

MICHAEL SZOGS, ANDRÉ GROßE & FRIEDERIKE KORNECK

Wie bedingen sich die Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte? 499

Das DBR-Projekt EPo-EKo: Elektrizitätslehre mit Potenzial & Kontexten

THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LANA IVANJEK, MARTIN HOPF, LIZA DOPATKA & VERENA SPATZ

Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht 503

JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ, LANA IVANJEK & MARTIN HOPF

Lernförderlichkeit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts 507

LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LANA IVANJEK, MARTIN HOPF, THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Interviewstudie zum kontextstrukturierten Unterrichtsmaterial von EKo 511

Vortragsblock H

Anregungen für die Praxis der Chemielehrer*innen-Aus- und -Fortbildung

CLAUS BOLTE & SABINE STRELLER

Anregungen für die Praxis der Chemielehrer*innen-Aus- und -Fortbildung 515

SABINE STRELLER & CLAUS BOLTE

Erwartungen Lehramtsstudierender mit Fach Chemie an Studium und Beruf 516

CLAUS BOLTE, SABINE STRELLER, RUGGERO NOTO LA DIEGA, GÖTZ GODOWSKI & MARIO HOFMANN

Verzahnung von 1. und 2. Phase der Chemielehrer*innen-Bildung an der Freien Universität Berlin 520

CLAUS BOLTE

Stress u. Stressbewältigung von Lehramtsstudierenden im Praxissemester 524

HEIKO HOFFMANN & MICHAEL W. TAUSCH

Modellreaktionen für Basiskonzepte der Photochemie mit Sonnenlicht oder LED-Lichtquellen 528

MARVIN ROST & RÜDIGER TIEMANN

Empirische Struktur von Modellnutzung im Chemieunterricht 532

KÜBRA CELIK & MAIK WALPUSKI

Ein chemisches Fachwissensnetz – Analyse von möglichen Lernwegen 536

Urteilskraft in Ernährung und Konsum entwickeln; FD Ernährung

INES WALDNER

Interface-Analogien für eine zeitgemäße Fachdidaktik Ernährung 540

Alexander von Humboldt als Vorbild für naturwissenschaftliches Lernen

VOLKER HECK, MARTIN GRÖGER, OLIVER SCHWARZ & SVANTJE SCHUMANN

Alexander von Humboldt als Vorbild für naturwissenschaftliches Lernen 544

VOLKER HECK

Alexander von Humboldt als Meister fächerverbindenden Denkens 548

MARTIN GRÖGER

Alexander von Humboldt als Chemiker 552

OLIVER SCHWARZ

Alexander von Humboldts Natur- und Wirtschaftsbilanzierung 556

SVANTJE SCHUMANN

Der Naturzugang Alexander von Humboldts als Ausgangspunkt für den Aufbau von Verständnis im Bereich „nature of science“ 558

Poster

SVENJA PANSEGRAU & MAIKE BUSKER

Synthetische und pflanzliche Laxantien im Chemieunterricht 562

INGO KOBER & MARKUS PRECHTL

Seltenerdelemente – historische und fachdidaktische Analyse 566

SIMONE SUPPERT, SILVIA ALEXANDRA HAVLENA, TIMO FLEISCHER & ALEXANDER STRAHL

Chemie und Physik in belletristischer Literatur – Kontextorientierung 570

TINA GROTTKE & RÜDIGER TIEMANN

Repräsentationswechsel zwischen molekularen Darstellungsformen 574

THOMAS WILHELM & RENAN MARCELLO VAIRO NUNES

Vergleichende Schulbuchanalyse zur Einführung in die E-Lehre 578

MARIA SCHWARZ & MARTIN HOPF

Sachstrukturen von Wärmelehre-Lehrgängen in Physikschulbüchern 582

PETER MACHART & ALEXANDER STRAHL

Radioaktivität in Schulbüchern
Darstellungen, Aufgaben, Experimente 586

MICHAEL HULL

Emergent Aspects of Radioactivity: Creation of a Survey on Half-life 590

TATJANA LAMPARTER & RAIMUND GIRWIDZ

Sehen was unsichtbar ist – Visualisierungen und Experimente im UV–Bereich 594

ANNA MONIKA JUST & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER

Differenzierender Schülervorstellungstest zur Mechanik 597

MARION ZÖGGELER & ALEXANDER STRAHL

Komponenten der Raumvorstellung in physikalischen Sachverhalten 601

SUSANNE OYRER, KURT HAIM & WOLFGANG ASCHAUER

Effektive Lehrerfortbildung zur Vermittlung von flex-based learning 605

CAROLA NIEß & GABRIELE HORNUNG

Einflussfaktoren für die unterrichtliche Einbindung digitaler Medien:
Was bewegt Lehrkräfte dazu, digitale Medien in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubinden? 609

CHRISTIAN L. SALINGA, JOSEF RIESE & HEIDRUN HEINKE

Hochschul-Schul-Kooperationen für die Lehrerbildung und -unterstützung 613

NOVID GHASSEMI, JULIA-JOSEFINE MILSTER & VOLKHARD NORDMEIER

Professionelle Kompetenzen von Q-Masterstudierenden im Fach Physik 617

MONIKA ANGELA BUDDE & MAIKE BUSKER

Professionalisierung zur Sprachförderung in Praxisphasen Chemie 621

ANGELIKA PAHL

Unterrichten von Natur und Technik in Kindergarten und Primarschule:
Zu den Vorlieben von Lehramtsstudierenden 625

LUKAS MIENTUS, PETER WULFF, ANTOINETTE MEINERS & ANDREAS BOROWSKI

PCK und Unterrichtspraxis in der MINT-Lehrkräftebildung 629

ALINA BEHRENDT, VANESSA FISCHER & MAIK WALPUSKI

Kompetenzmessung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht 633

ILSE BARTOSCH

Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Physikunterricht 637

CLEMENS HOFFMANN, LENA SANIYE GÜNGÖR, REYK ALBRECHT & VOLKER WOEST

Führungsethik in der naturwissenschaftlichen Ausbildung 641

FLORIAN SEILER & OLIVER TEPNER

Evaluation eines Seminars zur Planung selbstgesteuerter Experimente 645

ZEKI YAVUZ, SEBASTIAN HABIG, MIRIAM MOREK & MATHIAS ROPOHL

Fachsprachliche Kompetenzen durch Schreibfördermaßnahmen entwickeln 649

CLAUDIA FEURO-HINTZE, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ

Die Wirkung von Ordnungsmarkern auf die Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Texte 653

KATHARINA FLIESER & KARSTEN RINCKE

Verständlichkeit physikalischer Fachtexte:
Der Einfluss von fachsprachlichen Textmerkmalen und Textkohäsion 657

MELANIE RENNER & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Fallstudie: Beliefs von LA-Studierenden zu Sprache im Physikunterricht 661

CHRISTINA PRIERT & JÜRGEN MENTHE

Reflektiertes Entscheiden nachhaltigkeitsbezogener Fragen 665

SVENJA BROCKMÜLLER

Systemkompetenz durch Einsatz analoger vs. digitaler Modelle fördern 669

KATJA PLICHT, FRANÇOIS DEUBER, HENDRIK HÄRTIG & ALEXANDRA DORSCHU

Förderung der Problemlösekompetenz von Ingenieurstudierenden 673

BÜSRA TONYALI, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANEWEDEL

Optimierung von Lehr-Lern-Materialien durch Feedback im Referendariat 677

ANDRÉ GROßE, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK

Merkmale von Reflexionsqualität: Erprobung eines Ratingverfahrens 681

CHRISTINE MEIßNER, CHRISTIANE KLEMPIN, RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Veränderung der Reflexionskompetenz im Lehr-Lern-Labor 685

OER für den Unterricht: Potenziale, Anforderungen, Herausforderungen

SILKE RÖNNEBECK, MATHIAS ROPOHL, FRANK LÜTHJOHANN, JULIA SCHULZ, HELENA VAN VORST, KERSTIN KREMER, KNUT NEUMANN, JEFF NORDINE

Co-Design durch Open Educational Resources (OER): das Projekt OER@IPN 689

ALEXANDER ENGL, MARIE SCHEHL, MARC RIEGER, BRITTA RUDOLF, DANIEL VOLZ & BJÖRN RISCH

Gemeinsam Entdecken und Forschen im Reallabor Queichland 693

MARC RIEGER, ALEXANDER ENGL & BJÖRN RISCH

Virtuelle Exkursionen 2.0 – Neue Technologien für zukünftiges Lernen 697

MORITZ WAITZMANN, RÜDIGER SCHOLZ & SUSANNE WEßNIGK

Schlüsselexperiment und Forschendes Lernen – Ein Zugang zur Quantenphysik? 701

SASCHA NEFF, ALEXANDER ENGL, ALEXANDER KAUERTZ & BJÖRN RISCH

Virtuelle Labore zur Vor- und Nachbereitung von Freiland-Experimentiereinheiten 705

CHRISTIN SAJONS & MICHAEL KOMOREK

Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren 709

Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)

DANIELA EGGER, SARAH BRAUNS & SIMONE ABELS

Vorgehen im Entwickeln eines Analyserasters für Prädiktoren inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts 713

SINA GÓMEZ THEWS & JÜRGEN MENTHE

Der gemeinsame Gegenstand im inklusiven Chemieunterricht 716

KATHARINA GROß

Chemie inklusiv unterrichten – Möglichkeiten in der Lehrerbildung 720

SARAH BRAUNS, DANIELA EGGER, KATJA SELLIN & SIMONE ABELS

Videobasierte Kompetenzforschung im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht 724

VANESSA SCHAD, ROBIN SCHILDKNECHT, SARAH HUNDERTMARK, XIAOKANG SUN, JAAR BOSKANY, ALEXANDER KAUERTZ, SANDRA NITZ, ANDREAS NEHRING

Gestaltung inklusiver Lerngelegenheiten durch Kooperation 728

MELANIE SCHALLER & MICHAEL EWIG

Effektivität von Texten in Leichter Sprache im Biologieunterricht 732

LISA STINKEN-RÖSNER & SIMONE ABELS

Simulationen im inklusiven Nawi-Unterricht: Erhebung des Status Quo 736

LAURA SÜHRIG & ROGER ERB

Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht 740

KATJA WEIRAUCH, CLAUDIA SCHENK & CHRISTOPH RATZ

Chemie all inclusive: Methodische Ansätze für inklusives Experimentieren 744

LARISSA FÜHNER & SUSANNE HENICKE

Inklusiver Physikunterricht unter der Lupe 748

UTE BRINKMANN, SARAH KELLERMANN & MARKUS PRECHTL

Was verstehen Jugendliche unter Begriffen zu beruflichen Präferenzen aus der MINT-Berufsorientierung? – Erfahrungen aus dem Projekt DiSenSu 752

TATJANA JESSERICH & MARKUS PRECHTL

Komparative Diskursanalyse zu Focus Groups zu zwei Fotostories im berufsorientierenden Projekt DiSenSu 756

ANN-KATRIN KREBS & LUTZ KASPER

Teaching MINTD – Diversitätsorientierte Lehre und Lehramtsausbildung in den Fächern Physik und Technik 760

RALPH HANSMANN

Entwicklung von Physikunterricht mithilfe individueller Rückmeldungen 764

RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Begabungsförderung aus physikdidaktischer Perspektive: Entwicklung eines Planungsmodells 768

FLORIAN GAUSCHE & THORID RABE

Wege in den Physikunterricht unter Identitätsperspektive 772

LAURA GOLDHORN, THOMAS WILHELM, VERENA SPATZ & JANA REHBERG

Mindsets in Physik
Studie zur Veränderbarkeit des fachspezifischen Mindsets 776

MARINA HÖNIG, LILITH RÜSCHENPÖHLER, JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC

Förderung von Science Capital im Berufsorientierungsprojekt DiSenSu 780

CHRISTINA LÜDERS, BERNADETTE SCHORN, CHRISTIAN SALINGA, ULRICH BLUM & HEIDRUN HEINKE

MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung: Status quo und Ausblick 784

MARCUS BOHN, NANNI KAISER & MANUELA WELZEL-BREUER

Förderung hochbegabter Kinder im Sachunterricht – eine Bedarfsanalyse 788

SIMONE RÜCKERT & HELENA VAN VORST

Herausforderungen angehender Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts am Berufskolleg 792

JOACHIM KRANZ & RÜDIGER TIEMANN

Inklusion und Problemlösen im Chemieunterricht – ein Modellansatz 796

ANTJE HEINE & ERIK HEINE

Die Serie „Genius“ als NoS-Lerngelegenheit in Schule und Hochschule 800

ANDREAS BEDNAREK, KATHARINA GIMBEL, MAREIKE FREVERT, RITA WODZINSKI, KATHRIN ZIEPPRECHT, JÜRGEN MAYER & DAVID-S. DI FUCCIA

Aktuelle Forschung als Lerngegenstand für Lehrerbildung und Schule – Das Projekt „Contemporary Science @ school“ 804

CORNELIA BORCHERT, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & KERSTIN HÖNER

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium 808

JULIA VOIGT & HILDE KÖSTER

Naturwissenschaftsbezogene Potenziale im Übergang Kita-Grundschule beobachten, dokumentieren und weiterentwickeln 812

GUIDO HAAG, JOCHEN SCHEID, PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ

Entwicklung eines Instruments zur Beurteilung manueller Kompetenzen 816

HANS PETER DREYER

Quantenphysik als Teil gymnasialer Allgemeinbildung FACETTEN für Nicht-MINT-Gymnasiast/innen 820

STEFFEN BROCKMÜLLER & MATHIAS ROPOHL

Welche Schwierigkeiten haben Schülerinnen und Schüler beim Auswerten von Versuchsdaten? 824

KATHARINA GIERL, PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ

Beschreibungen optischer Phänomene 828

BENJAMIN BOCK, THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Erkenntnisprozesse in nicht experimentellen Untersuchungen 832

SANDRA GOLEW & ANDREAS VORHOLZER

Fächerübergreifender Transfer naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen 836

LAURA ARNDT, TIM BILLION-KRAMER, MARKUS WILHELM & MARKUS REHM

Ist eine Erweiterung des Konstrukts NOS zu NOSIS sinnvoll? «Nature of Whole Science» versus Konsenslisten: Dekonstruktion von Emergenz? 840

HENNING KRAKE & MAIK WALPUSKI

Entwicklung eines PCK-Tests zum experimentgestützten Chemieunterricht 844

TIMO FLEISCHER, LISA VIRTBAUER & ALEXANDER STRAHL

Experimente im NAWI-Unterricht
Kompetenzen angehender Lehrkräfte 848

DOMINIK DORSEL, SEBASTIAN STAACKS, SIMON HÜTZ, HEIDRUN HEINKE & CHRISTOPH STAMPFER

Smartphone-gestützte Experimente außerhalb der Physik 852

NORMAN JOUßEN & HEIDRUN HEINKE

Die Sichtbarkeit fachlicher Vorstellungen in experimentellen Prozessen 856

ARNE BEWERSDORFF, ARMIN BAUR & MARKUS EMDEN

Untersuchung der Wirksamkeit einer Lehrkräftefortbildung zum Experimentieren 860

TOBIAS WINKENS, SIMON GOERTZ & HEIDRUN HEINKE

Variablensalat im Experiment:
Ansätze zur Förderung der Variablenkontrolle 864

LARS EHLERT & OLIVER TEPNER

Konzept zur Öffnung geschlossener Experimentieranleitungen in Chemie 868

TOBIAS PRZYWARRA & BJÖRN RISCH

Der Modelleinsatz beim Schülerexperiment – Eine Prozessanalyse 872

PHILIPP MÖHRKE

Messunsicherheiten im Physikunterricht – Befragung von Lehrkräften in Baden-Württemberg – 876

KAREL KOK & BURKHARD PRIEMER

Messunsicherheiten als Ausgangspunkt der Förderung im Umgang mit Daten 880

FLORIAN TRAUTEN, MAIK WALPUSKI & CAROLIN EITEMÜLLER

Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie 884

INES KOMOR, HELENA VAN VORST, ELKE SUMFLETH, JULIAN ROELLE & ECKART HASSELBRINK

Symbolisch-mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie 888

VERONIKA BILLE, STEFAN RUMANN, JULIAN ROELLE, MARIA OPFERMANN & CARSTEN SCHMUCK

Förderung des ikonischen Modellverständnisses in Chemiestudiengängen 892

JANA TAMPE & VERENA SPATZ

Konzeption eines interdisziplinären Moduls zur Erkenntnisgewinnung 896

CORNELIA GELLER, JONAS SCHNEIDER & HEIKE THEYßEN

Finde die Fehler!
Experimentelle Testaufgaben zur Evaluation eines Experimentalpraktikums 900

MARTIN ERIK HORN

Verstecken wir die Geometrische Algebra in den komplexen Zahlen! 904

NINA PANDIKOW & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER

Studentische Vorgehensweisen bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben 908

TANJA MUTSCHLER, DAVID BUSCHHÜTER, INKERI KONTRO & ANDREAS BOROWSKI

Beyond FCI: Internationale Vergleiche mithilfe eines erweiterten FCI 912

DOROTHEE ERMEL & JOSEF RIESE

Entwicklung eines Fachpraktikums im Techniklehramt 916

SALOME JANKE, SEBASTIAN HABIG, MAIK WALPUSKI & ELKE SUMFLETH

Chemiestudierende im Profil – Ergebnisse einer Clusteranalyse 920

DANIEL REHFELDT, PHILIPP STRAUBE & HILDE KÖSTER

Längsschnittstudie im Grundschulpädagogik-Sachunterrichtsstudium:
Selbstkonzepte & Überzeugungen (1-Jahres-Daten) 924

Diagnostische Fähigkeiten von Lehramtsstudierenden

CHRISTOPH MÜNSTER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER

Theoriebezüge in Diagnoseprozessen von Physiklehramtsstudierenden 928

REBECCA DUSCHA & STEFAN RUMANN

„Wie hast du das gemeint?“ - Diagnostizieren lernen im Schülerlabor 932

BARBARA STEFFENTORWEIHEN & HEIKE THEYßEN

Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten im Theorie-Praxis-Bezug 936

Augmented Reality als Werkzeug im naturwissenschaftlichen Unterricht

MARKUS PESCHEL, CHRISTOPHER W. M. KAY, LUISA LAUER, JOHANN SEIBERT, MATTHIAS MARQUARDT & VANESSA LANG

Augmented Reality (AR) als Werkzeug im naturwissenschaftlichen Unterricht 940

LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL, MATTHIAS MARQUARDT, JOHANN SEIBERT, VANESSA LANG & CHRISTOPHER KAY

Augmented Reality (AR) in der Primarstufe – Entwicklung einer AR-gestützten Lehr-Lerneinheit zum Thema Elektrik 944

MATTHIAS MARQUARDT, JOHANN SEIBERT, LUISA LAUER, VANESSA LANG, MARKUS PESCHEL & CHRISTOPHER W. M. KAY

Augmented Reality als Werkzeug zur Verknüpfung des Periodensystems der Elemente mit dem Bohr’schen Atommodell 948

JOHANN SEIBERT, MATTHIAS MARQUARDT, VANESSA LANG, LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL, FRANZISKA PERELS, JOHANNES HUWER & PROF. DR. CHRISTOPHER W. M. KAY

AR-MEI-SE: Augmented Reality Multitouch Experiment Instruction in Science Education 952

VANESSA LANG, JOHANN SEIBERT, MATTHIAS MARQUARDT, LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL, FRANZISKA PERELS, CHRISTOPHER W. M. KAY & JOHANNES HUWER

Augmented Reality Lab License 2.0 956

Lehren und Lernen mit digitalen Medien in Schule & Hochschule - Teil 1

MATHIAS ROPOHL & JENNY MEßINGER-KOPPELT

Lehren und Lernen mit digitalen Medien in Schule & Hochschule 960

TIMO FLEISCHER, SIMONE MAIER, INES DEIBL, STEPHANIE MOSER, ALEXANDER STRAHL & JÖRG ZUMBACH

Innovative Experimentierboxen für den Chemie- und Physikunterricht 963

CHRISTOPH STOLZENBERGER, NICOLE WOLF, ANNIKA KREIKENBOHM & THOMAS TREFZGER

Augmented Reality in der Lehramtsausbildung 967

ISABEL SCHMOLL, CHRISTOPH THYSSEN, CHRISTOPH VOGELSANG & JOHANNES HUWER

LEHRE:digital– Online-Plattform zum Erwerb digitaler Lehrkompetenz 971

DENNIS ZEHLER & SASCHA SCHANZE

digiPro – Aufgabenbasiertes E-Learning im Chemiestudium 975

Lehren und Lernen mit digitalen Medien in Schule & Hochschule - Teil 2

CHRISTOPH HOYER, LARS-JOCHEN THOMS & RAIMUND GIRWIDZ

Lehren mit Multimedia, Fernlaboren und 3D-Druck im Physikunterricht 979

ANJE OSTERMANN, HENDRIK HÄRTIG, LORENZ KAMPSCHULTE, MATHIAS ROPOHL, JULIA SCHWANEWEDEL & ANKE LINDMEIER

Entwicklung einer Fortbildung zum Medieneinsatz – Was ist wichtig? 983

ALBERT TEICHREW & ROGER ERB

Einsatz und Evaluation eines Augmented Reality-Experiments zur Optik 987

SEBASTIAN KELLER, STEFAN RUMANN & SEBASTIAN HABIG

Förderung internaler Modellbildung durch Augmented Reality 991

HENDRIK HÄRTIG, MATHIAS ROPOHL, JULIA SCHWANEWEDEL, LORENZ KAMPSCHULTE, ANKE LINDMEIER & ANJE OSTERMANN

Mediennutzung im naturwissenschaftlichen Unterricht 995

CHRISTIAN FÖRTSCH, JULIA S. MEULENERS, TOBIAS RIGGENMANN & BIRGIT J. NEUHAUS

Gelingensbedingungen von digitalem Biologieunterricht 999

KARSTEN STEGMANN, CLAUDIA NERDEL, MARIA BANNERT, FRANK FISCHER, CORNELIA GRÄSEL, MARTIN LINDNER, BIRGIT NEUHAUS, KARIN OECHSLEIN

Digitalisierung von Unterricht in der Schule (DigitUS)
Lerngemeinschaften als Instrument der medienbezogenen Schulentwicklung 1003

THOMAS WEATHERBY, THOMAS WILHELM, JAN-PHILIPP BURDE, FABIAN BEIL, SEBASTIAN KAPP, JOCHEN KUHN & MICHAEL THEES

Visualisierungen bei Simulationen von einfachen Stromkreisen 1007

HAGEN SCHWANKE & THOMAS TREFZGER

Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I 1011

TATJANA STEINMANN, JULIAN FISCHER, DANIEL LAUMANN, PETER PFÄNDER, MICHAEL KERRES, KNUT NEUMANN & SUSANNE WEßNIGK

energie.TRANSFER – Fokus Lehrkräfte Implementation digitaler Unterrichtseinheiten 1015

JULIAN ALEXANDER FISCHER, TATJANA STEINMANN, PETER PFÄNDER, DANIEL LAUMANN, SUSANNE WEßNIGK, MICHAEL KERRES & KNUT NEUMANN

energie.TRANSFER – Identifikation vernetzungsfördernder Unterrichtselemente 1019

LARS GREITEMANN & INSA MELLE

Wirkung einer Tablet-basierten Lernumgebung im Chemieunterricht 1023

FABIAN STERZING, AGNES SZABONE VARNAI & PETER REINHOLD

Zur Wirkung von Erklärvideos im Physikunterricht. Planung und Konzeption einer Studie 1027

WOLFGANG LUTZ & THOMAS TREFZGER

Förderung der experimentellen Kompetenz im Flipped Classroom – Eine Erprobung von Unterrichtsmaterialien in der Optik 1031

JENNA KOENEN, LARS MARIOT & RÜDIGER TIEMANN

Digital vs. Papier
Lernerfolg und kognitive Belastung im Vergleich 1035

CHRISTIAN DICTUS & RÜDIGER TIEMANN

Gamification
Ein Ansatz zur Erhebung mentaler Modelle? 1039

WOLFGANG ASCHAUER

Einführung von Gleichstromkreisen mit elektrischem Feld 1043

STEPHANIE NEPPL & KARSTEN RINCKE

Unterrichtsplanung mit Perspektiven 1047

MARCO SEITER, HEIKO KRABBE & THOMAS WILHELM

Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I 1051

CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, THOMAS SCHUBATZKY, JAN-PHILIPP BURDE & THOMAS WILHELM

Fidelity of Implementation im Zuge fachdidaktischer Entwicklungsarbeit 1055

MARISA PFLÄGING, DIRK RICHTER & ANDREAS BOROWSKI

Entwicklung einer Fortbildung zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses 1059

KATHARINA NAVE & RÜDIGER TIEMANN

Verstehen von chemischen Problemen „SIMBA“ – Studie: Charakterisierung situativer mentaler Modellbildung in der Chemie 1063

MAREIKE FREESE & JAN WINKELMANN

Diagnose schwierigkeitserzeugender Merkmale anhand physikalischer Problemstellungen 1067

PHILIP TIMMERMAN & HEIKO KRABBE

SchriFT II: DESCRIBING, EXPLAINING AND JUSTIFYING: HOW TO SUPPORT WRITING LAB REPORTS IN PHYSICS CLASSES 1071

CHARLOTTE SCHNEIDER & SUSANNE METZGER

Zwei(t)sprachiges Lernen im bilingualen Chemieunterricht: Entwicklung von Testinstrumenten zur Erfassung des Konzeptverständnisses 1075

Sebastian Habig Geschäftsführer der GDCP

Vorwort

Die 46. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 9. bis zum 12. September 2019 an der Universität Wien statt und wurde gemeinsam mit der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) ausgerichtet. Das gemeinsame Tagungsthema lautete:

Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen

Nach einem Empfang im beeindruckenden Hauptgebäude der Universität Wien stimmte Heinz-Elmar Tenorth von der Humboldt Universität Berlin die Tagungsteilnehmerinnen und Teilnehmer mit seinem Vortrag „Bildung oder Kompetenzkonstruktion? Über einen scheinbaren Widerspruch und seine Auflösung im Prozess naturwissenschaftlichen Unterrichts“ auf das Tagungsthema ein und setzte gleichzeitig Impulse für tagungsbegleitende Diskussionen. Am Tagungsmittwoch diskutierte Simone Abels von der Leuphana Universität Lüneburg Kompetenzorientierung vor dem Hintergrund von Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht. Am letzten Tagungstag beschrieb Alexander Kauertz von der Universität Koblenz-Landau den „steinigen Weg“ zur Messung und Förderung fachlicher Kompetenz, indem er Erkenntnisse der letzten Jahre in diesem Bereich zusammenfasste und zugleich offene Fragen herausstellte.

Neben den Plenarbeiträgen wurden rund 350 weitere Beiträge eingereicht und im Rahmen von Poster- und Vortragssymposien oder als Einzelbeiträge präsentiert. Zudem konnten im Vorfeld der Tagung sieben Workshops für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler angeboten werden.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei der örtlichen Tagungsleitung, namentlich Martin Hopf, Andrea Möller, Anja Lembens und Suzanne Kapelari, und den vielen Helferinnen und Helfern bedanken, die diese durchweg gelungene Tagung ermöglicht haben. Außerdem gilt mein Dank dem FDdB für die gemeinsame Ausrichtung der Tagung, Christian Maurer, für die gelungene Organisation im Hintergrund, und den zahlreichen Sponsoren sowie der Universität Wien für die großzügige Unterstützung.

Essen, im Februar 2020 SH

Stefan Rumann Sprecher der GDCP

Einführung

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

im Namen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik freut es mich sehr Sie zur diesjährigen Jahrestagung an der Universität Wien begrüßen zu dürfen, und das gleich in mehrfacher Hinsicht: Zum einen begehen wir als Gesellschaft diese Jahrestagung gemeinsam mit unseren Kolleginnen und Kollegen der Fachsektion Didaktik der Biologie (FdDB) im VBio. Die Entwicklung der Fachdidaktiken in den Naturwissenschaften hat in den vergangen in verschiedener Hinsicht eine Schnittmenge zwischen den Disziplinen sowie den hohen synergetischen nutzen, diese Schnittmenge auch zu „bespielen“ deutlich gemacht. Sei es in Form interdisziplinärer Forschungsprojekte, der steuernden und beratenden Mitarbeit bei der Entwicklung nationaler Bildungsstandards sowie der gemeinsamen Teilnahme an Verbundvorhaben des BMBF oder auch den Schwerpunktprogrammen der DFG. In weiten Bereichen unserer täglichen Arbeiten teilen wir grundlegende Forschungsparadigmen und damit auch die methodische Vorgehensweise in der empirischen Forschung, sei es in qualitativer oder quantitativer Hinsicht. Bei aller Wertschätzung für ein interdisziplinäres Arbeiten trennt uns aber auch zuweilen die Fachspezifität voneinander, da Fachlichkeit, in Abhängigkeit von Inhaltbereich und Zielgruppe, zweifelsfrei Ihre Bedeutsamkeit für den Lernprozess hat, wie ich mir als Fachdidaktiker, der auch sehr dem integrativen naturwissenschaftlichen Sachunterricht verbunden ist, zu sagen erlaube.

Dementsprechend zeigt sich die Anlage des Tagungsprogramm in zweifacher Hinsicht anschlussfähig an dieses fruchtbare Spannungsfeld. Einerseits finden sich in dem traditionellen grünen (FdDB) bzw. gelben (GDCP) Tagungsblatt fachspezifisch ausgewiesene Tagungsstränge und Angebote, andererseits ist es gelungen, über gemeinsam und feinsinnig ausgewählte Plenarreferent*innen, einer gemeinsamen Postersession und nicht zu vergessen einem gemeinsam gestalteten und begangenen Gesellschaftsabend das Verbindende unserer beider Gesellschaften deutlich zu machen. Dafür bedanke ich mich bei der ebenfalls interdisziplinär besetzten örtlichen Tagungsleitung, namentlich den Kolleg*innen Anja Lembens, Suzanne Kapelari, Andrea Möller und Dietmar Hopf von ganzem Herzen.

Der Dank an die örtliche Tagungsleitung erstreckt sich aber auch ursächlich auf eine eingangs angedeutete zweite Freude: Die Bereitstellung dieses speziellen Tagungsortes an sich!

Wien ist, wie in diesen Tagen auch den deutschen Medien zu entnehmen war, erneut, und das hießt in diesem Fall zum zehnten(!) Mal in Folge, zur lebenswertesten Stadt der Welt gewählt worden. Es bedarf nur wenig Aufenthaltszeit vor Ort um nachvollziehen zu können, aus welchen Gründen dieses Votum wohl stets so eindeutig auszufallen scheint. Eine auch nur exemplarische Aufzählung kultureller und architektonischer Besonderheiten dieser Stadt verbietet sich nachgerade, da dies auch eine Auflistung nur schwer verzeihbarer Auslassungen bedeuten würde. Wie, so ließe sich ferner fragen, soll man eine Stadt, die die Gestaltung ihrer Müllverbrennungsanlage in die Hände eines international renommierten Spitzenkünstlers, vornamentlich Friedensreich, gibt, nicht lieben?
Der Tagungsort unterstreicht aber auch das Selbstverständnis der GDCP als eine deutschsprachige, aber keineswegs nationale Gesellschaft, wie dies auch die Wahl der Tagungsorte der Jahrestagungen 2017 (Zürich) und 2007 (Bern) dokumentiert.

Liebe Kolleginnen und Kollegen, das ebenfalls mit den Kolleg*innen der FdDB gemeinsam gewählte Motto unserer Jahrestagung lautet „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“ und richtet in historischer Umgebung, die Räumlichkeiten der Universität Wien gehen auf das vierzehnte Jahrhundert zurück, bewusst den Blick nach vorn. Die Konzeptualisierung und Modellierung von Kompetenzen ist eine Aufgabe, die die naturwissenschaftsdidaktische Forschung, sei es normativ, grundlagenforschend oder auch mit Blick auf die Entwicklung von Lehr-Lernprozessen einer (hoch-)schulorientierten angewandten Forschung seit vielen Jahren prägt. Die Wahl des Tagungsthemas trägt dieser Bedeutung Rechnung.

Essen Stefan Rumann

Heinz-Elmar Tenorth Humboldt-Universität zu Berlin

Bildung oder Kompetenzkonstruktion?

Über einen scheinbaren Widerspruch und seine Auflösung im Prozess naturwissenschaftlichen Unterrichts[1]

Problemdiagnosen - „Kompetenzorientierung“ statt Bildung und Wissen?

“Bildung oder Kompetenzkonstruktion”, das Thema meines Eröffnungsvortrages zu einem Kongress, der klären will, welche „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“ identifizierbar, zu wünschen oder notwendig sind, das bedeutet Risiko und Herausforderung zugleich. Das gilt für den Vortragenden, denn für einen Bildungshistoriker und -theoretiker ist es mehr als ein kleines Risiko, sich der geballten Kompetenz von Naturwissenschaftsdidaktikern und Unterrichtsforschern auszusetzen. Aber deshalb teilen wir uns auch das Risiko, denn Sie waren so leichtfertig, mich einzuladen. Wirkliche Gefahr entsteht allerdings aus der Tatsache, dass der Kompetenzbegriff zum Leitbegriff einer ganzen Tagung gemacht wurde. Nach den langen und intensiven Debatten zu diesem Begriff muss man fast schon mutig sein, diese Referenzformel immer noch zu wählen.

Die Kritik ist ja allgegenwärtig. In Frankfurt z.B. und bei den alten und jungen Freunden der kritischen Theorie, gilt „die Umstellung des Unterrichts auf Bildungsstandards und Kompetenzmodelle als Verzicht auf Bildung als Verstehen“ (Gruschka 2011, S. 39). [2] Kapitalismuskritisch werden im gleichen Milieu, d.h. hier der „Gesellschaft für Bildung und Wissen“, die ebenfalls in Frankfurt zum Ort scharfer Kritik der aktuellen Bildungspolitik geworden ist, auch die bekannten Urheber gefunden, wenn „der Leitbegriff 'Kompetenz' als Mantra neoliberaler Bildungsreformer“ (Thomas Höhne) gedeutet wird. In Wien, bei Konrad Liessmann, wurde die Kritik besonders zugespitzt vorgetragen und die Kompetenzorientierung zum Indiz für den „kompetenten Ungeist“: „Das Verschwinden des Wissens“ in den „jetzt vorliegenden Lehr- und Studienplänen“ ist für den beobachtenden Philosophen „nicht nur Ausdruck abstruser fachlicher und didaktischer Konzepte, sondern auch ein vorläufiger Tiefpunkt im Hinblick auf sprachlichen Ausdruck und Stil.“ (Liessmann 104, S. 45f) Systematisiert führt diese Kritik bekanntlich zu dem Ergebnis, dass die Orientierung an Kompetenz zum zentralem Indikator für eine Theorie der „Unbildung“ stilisiert wird.

Einige der aus guten Gründen besorgten Stimmen von Fachdidaktikern werden dann leicht kontaminiert durch einen solchen Kontext, etwa die Statements von Mathematik-Didaktikern in einem Brief an die Kultusministerkonferenz, die, gleichlautend wie Biologiedidaktiker seit langem[3], den Verfall der Fachkulturen und der Standards für fachspezifische Schulleistungen der Vorliebe für den Kompetenzbegriff zuschreiben und Abhilfe bei der Bildungspolitik einfordern: „Im Rahmen der Kompetenzorientierung, die der ganzen Republik in Form von

---

1 Ungekürzte sowie um Literatur und Anmerkungen erweiterte Fassung des Vortrags, der Grundlage meines Eröffnungsvortrags beim Kongress in Wien am 9. September 2019 war.

2 Einschlägig für diese Kritik z.B. die Vorträge und Debatten beim 2. Frankfurter (In-)Kompetenzkonferenz zur Digitalisierung. *Plenum digitale – Vacuum mentale? Ve*ranstalter: Gesellschaft für Bildung und Wissen (GBW), 6. Oktober 2018. Für Details vgl. die website der Gesellschaft https://bildung-wissen.eu/

3 Anders als viele politische Klagen, die in Frankfurt vorgetragen wurden, sind z.B. die Analysen von Hans-Peter Klein (Frankfurt) fachdidaktisch gut begründet.

Bildungsstandards … vorgeschrieben wird, wurde der Mathematik-Schulstoff so weit ausgedünnt, dass das mathematische Vorwissen von vielen Studienanfängern nicht mehr für ein WiMINT- Studium ausreicht. … bewährte mathematische Ausdrucksweisen und abstrakte Aufgaben (wurden) durch sperrige Textgebilde und konstruierte Modellierungsaufgaben ersetzt.“ Die Forderungen sind ganz fachzentriert, nämlich „Sorge zu tragen, dass … Deutschlands Schulen wieder zu einer an fachlichen Inhalten orientierten Mathematikausbildung zurückkehren können“[4]. In polemisch-kritischen Stellungnahmen der Öffentlichkeit wird das Thema schließlich in einfachen Oppositionsformeln codiert, Bildung und Wissen, das wünschenswerte Dual, wird mit Kompetenzorientierung und vermeintlich inhaltsfreien Lehr-/Lernpraktiken und Prüfungsformaten konfrontiert, eine gute Schule des „Wissens“ und der Wissensgesellschaft wird dem laxen Betrieb kompetenzorientierter Erleichterung und Verflachung des Lernens gegenüber gestellt, die Schule wird als eine vor der Inflationierung des Kompetenzgeredes zu rettende oder zu restituierende Welt beschworen.

Wie nicht selten bei solchen binären Codierungen sind die Fundamente von Diagnose, Kritik und alternativen Konstruktionen gegen systematische Prüfung wenig abgesichert.[5] Für den beobachtenden Bildungshistoriker stellen sich zudem deja-vu-Erlebnisse ein, hier und da ganz überraschend: „Es ist ein Kennzeichen für die Oberflächlichkeit vieler unsrer sogenannten Gebildeten in der Beurteilung von Unterrichtsorganisationen, daß sie nicht satt werden in dem Ruf nach Wissensmassen.“ (Kerschensteiner 1913, S. IX/X) Dann ist nicht Wissen, sondern Bildung die richtige Option und der Gegenbegriff, aber Kerschensteiners Statement, das sich in der Apologie von „Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts“ findet, vor mehr als 100 Jahren zu Pfingsten 1913 auf der 20. Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in München vorgetragen, wurde selbst schon problematisiert, und zwar im Namen der Bildung. Seine Opponenten haben strikt bezweifelt, dass er die Konstruktions- und Legitimationsprobleme für dieses schulische Aufgabenfeld systematisch und wohl begründet geklärt habe. Ihm wurde vielmehr vorgeworfen, die „formalen“ Aspekte des Unterrichts zugunsten der materialen „Kenntnisse“ geringgeschätzt haben. Die bekannte Kontroverse, die heute vom „Wissen“ aus eine Renaissance gegenüber den Kompetenzen erlebt, hat also selbst Tradition, und nicht allein der Begriff Kompetenz, auch der der Bildung ist nicht konsensual präsent, ungeachtet der Tatsache, dass Wolfgang Klafki im Konzept der „kategorialen Bildung“ die seit den Tagen Wilhelm von Humboldts wohl bekannte Konfrontation von „formaler“ und „materialer Bildung“ gut hegelianisch in einem dritten Begriff schon längst meinte aufgehoben zu haben (Klafki 1957/1963). Schon seine eigenen Mitstreiter mussten aber immer neu den notwendigen Zusammenhang von „Fachwissenschaft und Menschenbildung“ eigens begründen (z.B. Kramp 1963).

Der Streit hat also nicht zufällig Kontinuität. Es überrascht allenfalls, dass aktuell eher der Kompetenzbegriff eine so schlechte Presse hat, der Begriff der Bildung dagegen, anders als früher, als Fachdidaktiker darin nur luftiges „Stratosphärendenken“ (Heimann 1962) sehen konnten, jetzt als unstrittige Alternative gilt. Mit anderen Worten, die Stabilität der Konfrontationsformel muss selbst betrachtet werden, der Mittelweg, ein Fortschreiben bekannter Praktiken oder das lagerspezifische Einrichten innerhalb der Oppositionsformeln, reicht nicht aus. Orientiert an einem bildungstheoretisch zu wenig beachteten Autor, nämlich Alexander Kluge, sollte man sich erinnern „In Gefahr und größter Not, ist der Mittelweg der Tod.“ (Kluge 1973) Deshalb ist der Ansatzpunkt der folgenden Überlegungen anders: Ich gehe zwar von der Oppositionsformel aus, aber nicht in der Absicht, sie aufzulösen, sondern mit der These,

---

[4] Offener Brief von Gymnasial- und Hochschullehrern an die KMK, 17.3.2017.

[5] In PH Luzern (2014) werden gängige Verwendungsweisen von „Kompetenz“ zitiert (S. 48) und „die wichtigsten Kritikpunkte …. in Form von fünf Thesen“ rekapituliert, mit Verweis auf weitere Literatur (PH Luzern, S. 43/44).

dass beide Seiten beachtenswerte Diagnosen über ihr Thema vorlegen können und in den Problemen des Unterrichts auch eine gemeinsame Referenz haben, dass aber die jeweilige Kritik die blinden Stellen am Gegner zwar sieht, aber die eigenen Schwächen ignoriert, vertuscht, ja aktiv leugnet. Lernen für Schule und Unterricht, für didaktische Analyse und Konstruktion kann man aber erst, wenn man die Verschränkung beider Perspektiven zur Grundlage einer systematischen Analyse macht (und ich sage „Verschränkung" ohne die Attribuierung als „dialektisch", um mir nicht einen weiteren Kriegsschauplatz einzuhandeln). Es geht um die Bildungsdimension in Kompetenzkonstrukten und um die notwendige Konkretisierung von Bildung in kompetenzorientierten Praktiken und Standards. Meine Absicht will ich in drei Schritten einlösen: Zuerst in der Klärung dessen, was man begründet mit den Begriffen „Kompetenz" und „Bildung" im Kontext von Schule und Unterricht sagen kann (2.); dann in der Verschränkung, die ich schulbezogen und didaktisch, und zwar allgemein- und fachdidaktisch, am Beispiel des naturwissenschaftlichen Unterrichts versuche (3.), bevor ich, zum Abschluss noch knapp (4.) das Zukunftsproblem aufnehme und eine Losung dafür diskutiere, die in aller Munde ist: Wird die Zukunft der Naturwissenschaftlichen Bildung wegen der allgegenwärtigen Prozesse der Digitalisierung im Konzept der Digitalen Bildung aufgehen?

Begriffsklärungen – eine schultheoretische Perspektive auf Bildung und Kompetenz

Die gemeinsame Ausgangsannahme der folgenden Überlegungen ist, dass beide Konzepte, Kompetenz wie Bildung, der begrifflichen Klärung jenseits der Alltagspolemik bedürfen, damit sie überhaupt sinnvoll in den schulpädagogischen und fachdidaktischen Kontext reflexiv und planungsförderlich eingeführt werden können. Dabei leiden die Konzepte unter je anderen, aber konzepteigenen Problemen. Der Begriff der „Kompetenz" und die Praxis der daran orientierten Arbeit an Lehrplänen und Bildungsstandards leiden primär an den durch Mehrdeutigkeit und Inflationierung selbst erzeugten, aber durchaus behebbaren Schwierigkeiten. Der Begriff der „Bildung" ist vor allem wegen des emphatischen Geredes, mit dem er alltäglich für alle Probleme von Individuum und Gesellschaft kritisch und konstruktiv eingesetzt wird, präzisierungsbedürftig, und zwar bildungs- und schultheoretisch zugleich. Eine Klärung ist auch nicht aussichtslos, sondern möglich, auch wenn man vorab wissen kann, dass man nicht allseits Konsens erwarten kann. Vor allem die Freunde kritischer Bildungstheorie lassen sich ungern auf Begriffsfassungen jenseits ihrer eigenen Tradition ein.

„Kompetenz"

Die Begriffsklärung muss mit dem Kompetenzbegriff beginnen, weil hier die kritischen Außenbeobachter offenbar am ehesten geneigt sind, den Wert des Begriffs und des dahinterliegenden Forschungs- und Konstruktionskonzepts grundlegend zu bestreiten. Das ist eindeutig selbst verschuldet, denn sogar ein so nüchterner Beobachter wie der Schweizer Fritz Oser, aller Übertreibung abhold und selbst an einem schönen Gutachten über die Wirksamkeit und Standards in der Lehrerbildung konstruktiv beteiligt,(Oser/Oelkers 2001) spricht angesichts des *Lehrplans 21* der Schweiz von „Kompetenzwirrwar" und sieht aus der unpräzisen Rede ein „Legitimationsdefizit" für alle schulischen Neuerungen und allen fachlichen Unterricht entstehen. (Oser 2016) Einige Belege müssen ausreichen, diese begriffliche Unklarheit und die Inflationierung im Begriffsgebrauch zu belegen. Dabei wähle ich nur Beispiele aus dem Bereich der Naturwissenschaften, um hier schon für die weitere Diskussion das signifikante Umfeld einzuführen.

Die Bildungskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte z.B., eine so prominente wie relevante Öffentlichkeit, bemüht sich konstant darum, für die Naturwissenschaften auch mehr Anerkennung im schulischen Revier zu erzeugen, und zwar mit einem

eigenen Programm der „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ (GDNÄ 2000). Die GDNÄ denkt auch an die Zukunft, allerdings mit Formeln, die sehr nach formaler Bildung aussehen, wenn sie die „Ausbildung einer internationalen, interdisziplinären und interprofessionellen Flexibilität“ (GDNÄ 2000) fordert, und dabei, man muss es so nüchtern sagen, erst einmal den Begriff der Flexibilität inflationär ausweitet, um auf die „Herausforderungen im 21. Jahrhundert“ mit einem detaillierten Programm des „Flexibilitätstrainings“ (GDNÄ 2000, S. 7, Abb. 1), also nicht etwa mit „Bildung“, als „pädagogische Konsequenz“ zu antworten.

In der weiteren Arbeit lässt die GDNÄ aber den Begriff der Flexibilität fallen, vielleicht weil sie auch die Kritik gehört hat, dass Flexibilität bildungstheoretisch mit Verfügbarkeit für beliebige Verwendungssituation gleichgesetzt und daher kritisiert wurde, und wendet sich dem Kompetenzbegriff zu. Auch das geschieht in einer Weise, die zunächst der Kritik an diesem Begriff reichlich neue Nahrung gibt. Jetzt zentriert um den Begriff der „Lebenskompetenz“, werden in einem „Kompetenzenrad“ eine Fülle von Kompetenzen angeordnet, die – um „Lebenskompetenz“ zentriert - „naturwissenschaftliche Sachkompetenz“ einem Kreis von insgesamt elf weiteren Kompetenzen zuordnet, die von „Gesundheitskompetenz“ bis „Denkkompetenz“, von „Umweltkompetenz“ bis zu „instrumenteller Kompetenz“ jedem Vorwurf der inflationären Verwendung neue Nahrung geben. Dabei geht auch zunächst unter, dass in der Bildunterschrift gleichzeitig ein Konzept für „fachübergreifenden Unterricht“ angeboten wird, das allerdings eher kryptisch erläutert wird, als „Umsetzung der in den Naturwissenschaften erworbenen Sachkompetenz in 11 andere allgemeinbildende Kompetenzen, und zwar in den Fächern selbst“. Zunächst lernt man nur, dass Abbildungen nicht zwingend Sachverhalte transparent veranschaulichen, sondern nur neue Probleme erzeugen, auch mit dem „Kompetenzenrad“ (GDNÄ 2010, Abb. 5, S. 6). Wer, zumindest unter den Philologen, denkt bei dieser Metapher nicht an Schillers kritische Diagnose der Moderne, in der der Mensch „ewig nur das eintönige Geräusch des Rades [hört], das er umtreibt“, wie er im sechsten seiner Briefe über die ästhetische Erziehung des Menschen schreibt (und das Rad steht für solche Kritik der Moderne auch in Chaplins *Modern Times*). Dabei, und das gehört zur selbstverschuldeten Unklarheit, kann man die an „Sprachen“ ansetzenden Überlegungen der GDNÄ durchaus fachdidaktisch nutzen, davon später, aber der erste Eindruck bleibt – Kompetenzinflationierung.

Aber zu dem „Wirrwarr“ (Oser) tragen auch die professionellen Fachdidaktiker der Naturwissenschaften bei. Auf dem Kongress, den ihre deutschsprachigen Vertreter für Chemie und Physik 2016 in Zürich veranstaltet haben, ging eine Veröffentlichung hervor, die auf 827 Textseiten 1.057 Einträge für „Kompetenz“ und ihre Komposita präsentiert (Maurer 2017). Das mag bei dem genannten Umfang noch kein grundsätzliches Problem sein, aber die ungeordnete Vielfalt der Bestimmungen macht es dazu, denn sie reicht von „Reflexions-“ zu „Schreibkompetenz“, von „Auswerte-“ über „Erklär-“ und „Problemlösekompetenz“ zu „Chemie-“, „Experimentier-“ und „Förderkompetenz“ und weiter zu „Basis-“, „Teil-„ und „Grundkompetenzen“, von „Modellierungs-“, „Unterrichts- und Professionskompetenzen“ (etc.) endlich auch zu „Gender-Diversity-Kompetenz“, so dass man auch die Adressierungen in ihrer Differenz sieht: Nicht allein die Lernenden, auch die Lehrenden sind Teil der Rede, die der Kompetenzbegriff vereint. Aber die Lehrenden finden sich eher im Umfeld von „-bildung“ wieder, die in der Focussierung auf „Lehrerbildung“ inflationiert und einen anderen Wahn dokumentiert, den der „Lehrerbildisierung“ (E.Terhart) aller Bildungsprobleme.

Genug der Belege für den Wirrwarr, man muss leider auch eingestehen, dass das Problem schon mit den Vordenkern der Kompetenzorientierung beginnt; denn die waren sich von Beginn an offenbar nicht einig über die zentralen Referenzen des Leitbegriffs. Die „klassische“ Definition ist sicherlich die vielzitierte von F.E. Weinert, meist in der folgenden Version: „Dabei versteht man unter Kompetenzen die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren

kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert 2002, S. 27 f.) Das ist ein beliebtes Zitat, weil es kurz und knapp die Dimensionen von Kompetenz benennt, aber auch die Möglichkeit eröffnet, u.a. über „Problemlösungen in variablen Situationen“, den Anschluss an bildungstheoretische Annahmen herzustellen, die ja primär Fähigkeiten beschreiben, die abgelöst von der ursprünglichen Erwerbssituation zur Lösung von Problemen zur Verfügung stehen. (Klieme u.a. 2003, S. 56-67)

Man sollte allerdings, wie das distanzierte Schweizer Beobachter in Erinnerung rufen (PH Luzern 2014), auch den Vorsatz zu dieser Definition nicht ignorieren (ebd., Herv H.-E.-T.), der erst den Anlass und die wesentliche Stoßrichtung von Weinerts Anstrengungen sichtbar macht. „Daneben gibt es natürlich auch *Probleme, die inhaltsunspezifisch und im engeren Sinne fächerübergreifend sind*. Ihre Bewältigung hängt in erster Linie von der Verfügbarkeit allgemeiner Problemlösestrategien ab. Die OECD hat in diesem Zusammenhang mehrfach vorgeschlagen, den vieldeutigen Leistungsbegriff generell durch das Konzept der Kompetenz zu ersetzen.“ Jetzt wird der Kompetenzbegriff also auf „inhaltsunspezifische“, „allgemeine“, Problem bezogen, nicht mehr nur auf „bestimmte Probleme“, wie bei Weinert sonst und auch in der zweiten, im deutschsprachigen Kontext klassisch gewordene Referenz, der Expertise zur Entwicklung von Bildungsstandards, die Klieme u.a. 2003 vorgelegt haben.

Hier findet sich ansonsten aber die Alternative, die den Wirrwarr in nuce eröffnet, weil sie Kompetenzen nicht „inhaltsunspezifisch“, sondern nur für bestimmte „Domänen“ einführt (die bei Weinert nur für den Kompetenz*erwerb* so bevorzugt akzentuiert werden). Bei Klieme u.a. heißt es dagegen: „Kompetenzen spiegeln die grundlegenden Handlungsanforderungen, denen Schülerinnen und Schüler *in der Domäne* ausgesetzt sind. Durch vielfältige, flexible und variable *Nutzung und zunehmende Vernetzung von konkreten, bereichsbezogenen Kompetenzen* können sich auch ‹Schlüsselkompetenzen› entwickeln, aber der Erwerb von Kompetenzen muss — wie Weinert (2001) hervor hebt — beim systematischen Aufbau von ‚intelligentem Wissen‘ in einer Domäne beginnen.“ (Klieme u.a. 2003, S. 22) Die Verbindung zu den Schulfächern und die Abgrenzung von domänenunspezifischen Kompetenzen bleibt deshalb bei Klieme et.al. dominant. Aber es ist keine klare Abgrenzung von Weinerts „inhaltsunspezifischen“ Kompetenzen, sondern von einem schon damals inflationären anderen Gerede von Kompetenz: „Der hier verwendete Begriff von ‚Kompetenzen‘ ist daher ausdrücklich abzugrenzen von den aus der Berufspädagogik stammenden und in der Öffentlichkeit viel gebrauchten Konzepten der Sach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenz. Kompetenzen werden hier verstanden als Leistungsdispositionen in bestimmten Fächern oder ‚Domänen‘.“ (ebd. S. 22, Anm. 1) Standards können jedenfalls, so deren erstes Merkmal in dieser Expertise, nie ohne Bezug auf ihre unterrichtliche „Fachlichkeit“ konstruiert und validiert werden.

Kann man aber jenseits dieses problem- und konflikterzeugenden Begriffsgebrauchs eine Lösung finden, den Kompetenzbegriff zumindest in seiner Verwendungsweise im schulischen Kontext klären? Was ist das Thema, ist es überhaupt ein neues Thema für Schule und Fachdidaktik, so kann man ja ganz bescheiden fragen. Fritz Oser, jenseits der kritischen Diagnosen auf Klärung erpicht, sieht im Grunde nur drei, aus der Tradition pädagogischer und fachdidaktischer Reflexion wohl bekannte Themen, die in der Rede von Kompetenz angesprochen werden. Für ihn ist dann nur eine Bestimmung akzeptabel, dass „der Gebrauch des Wortes Kompetenz … ein Synonym (ist) für Fähigkeiten, Wissen, Können, Zielerreichung usw.“, und er konstatiert für diese Bestimmung ganz nüchtern und lapidar: „Es beinhaltet nichts Neues:“ Andere Gebrauchsweisen des Begriffs, die sich z.B. auf Handeln und Wissen im beruflichen Kontext beziehen, grenzt er davon ab, und die These schließlich, dass es um eine völlig neue

Art von Schulehalten gehe, eine solche, die auf „Kompetenz“ und nicht auf „Wissen“ zentriert sei, weist er als pädagogisch und schultheoretisch falsch zurück (Oser 2016). Oser bemüht dafür die biographische Erinnerung, der Bildungshistoriker kann bestätigen, dass schulische allgemeine Bildung schon immer mehr war als nur organisierte Wissensvermittlung.

„Bildung“ -im Allgemeinen und als schulische allgemeine Bildung

Über Bildung, das muss man allerdings einräumen, kann man schon deswegen nicht im Konsens reden, weil es keine allgemein auch als Theorie anerkannte Bestimmung und Systematik zu diesem Thema gibt. Die folgenden Versuche, eine schultheoretisch und fachdidaktisch brauchbare Redeweise vorzuschlagen, räumen diese Schwierigkeit deshalb auch gleich und ausdrücklich ein. Die Absicht der folgenden Ausführungen ist es auch primär, die anschließende fachdidaktische Diskussion der Möglichkeiten naturwissenschaftlichen Unterrichts bildungs- und schultheoretisch sowie allgemeindidaktisch vorzubereiten und dabei die Position des Autors so weit zu zeigen, dass sie in ihren Dimensionen systematisch und in ihren Annahmen kritikfähig präsent ist.

Auch für Bildung im Kontext von Schule, nicht für die Idee der „Bildung“ überhaupt[6], und d.h. für die Begründung der Idee schulischer allgemeiner Bildung gibt es eine klassisch gewordene Bestimmung. Sie findet sich bei Wilhelm von Humboldt (Tenorth 2018, S. 153-173), nicht zufällig in der Gründungsphase des modernen Bildungssystems: „Es gibt schlechterdings gewisse Kenntnisse, die allgemein sein müssen, und noch mehr eine gewisse Bildung der Gesinnungen und des Charakters, die keinem fehlen darf. Jeder ist offenbar nur dann ein guter Handwerker, Kaufmann, Soldat und Geschäftsmann, wenn er an sich und ohne Hinsicht auf seinen besonderen Beruf ein guter, anständiger, seinem Stande nach aufgeklärter Mensch und Bürger ist.“ (Humboldt 1809, S. 218) „Allgemein“ ist diese der Schule zur Realisierung aufgetragene Bildung in einem dreifachen Sinne, sozial, weil sie einen jeden Heranwachsenden unterschiedslos zu ihrem Adressaten macht, zeitlich, weil eine Phase des Lebens beansprucht, in der man unausweichlich dem „Schulzwang“ unterworfen wird, und sie ist sachlich allgemein, weil man in die zur gesellschaftlichen Handlungsfähigkeit notwendigen Kenntnisse eingeführt wird, und zwar so, dass man seinen Lebenslauf selbständig als Bildungsgang planen und gestalten kann. Realität wird solche Bildung auf gesetzlicher Basis, aktuell in den Artikeln über das Bildungssystem und die Rechte von Staat und Eltern in der Verfassung abgestützt. Von einem derart konstruierten Schulsystem erwartet Humboldt große Leistungen, aber auch die Ermöglichung eines selbstbestimmten Lebens in Freiheit: „Gibt ihm der Schulunterricht, was hierfür erforderlich ist, so erwirbt er die besondere Fähigkeit seines Berufs nachher so leicht und behält immer die Freiheit, wie im Leben so oft geschieht, von einem zum andern überzugehen.“

Bildung als Grundlagenthema der Humanwissenschaften, d.h. als Praxis der Selbstkonstruktion des Menschen in Wechselwirkung mit der „Welt“, und zwar mit der materiellen und immateriellen, der sozialen und der privaten, mit realen und virtuellen Welten in Öffentlichkeit und Gesellschaft, durch Wissen und Wissenschaft, in Arbeit und Politik, Freizeit und Kunst bleibt als eine für alle Menschen unausweichlich und notwendig, aber individuell sehr variabel von schulischer Welterfahrung also ebenso deutlich wie von „specieller“, also berufsbezogener Bildung, unterscheidbar. Beide, berufliche und lebensweltliche Praxis, werden indes erfst selbstbestimmt u.a. dadurch je individuell möglich, weil und wenn schulische allgemeine Bildung zur Selbstkonstruktion grundlegend befähigt hat. Auch diese nachschulische Praxis wird dann historisch und gesellschaftlich recodiert und normativiert, in idealen Sozialfiguren des

[6] Für das Theorieproblem im Allgemeinen Tenorth (2020) oder, einführend, Rieger-Ladich (2019).

„Gebildeten“ z.B. oder in Programmen, die „Gebildet sein“ zu klären suchen. Das sind in der Regel Bilder, in denen das gute Leben in der Einheit von Wissen und Können und in der Erwartbarkeit eines angemessenen Verhaltens für Andere konzipiert wird, z.B. als „Weltklugheit“ im „Umgang mit Menschen“. Aber diese Leitbilder sind weder schulisch allein realisierbar noch im Konsens diskutierbar, sie bleiben Aufgabe lebenslanger Praxis.

„schulische Bildung“

Schultheoretisch ist bedeutsamer, dass man Schulen als „Bildungswelten“ eigener Art interpretieren kann, deren Aufgabe, abstrakt gesprochen, in allen modernen Gesellschaften darin besteht, die Generalisierung von notwendigen Prämissen für die Teilhabe an Kommunikation zu leisten. Das hat, bereits bei Humboldt, formale und materiale Dimensionen zugleich. Es geht einerseits um das „Lernen des Lernens“, das bedeutet im schulischen Lernprozess kompetente Selbstregulation, biographisch die Ausbildung eines Habitus, der auf lebensweltliche Probleme kognitiv und lernbereit, aber nicht mit Fatalismus oder Gewalt antwortet; es geht andererseits um den Erwerb von „Kenntnissen“, und zwar in vier Dimensionen, „linguistisch - historisch - mathematisch - ästhetisch“. Systematisch gesehen kann man diesen Prozess als „Initiation“ in die für Kulturen wie unsere zentralen und unentbehrlichen „Modi des Weltzugangs“ interpretieren, und zugleich als einen Prozess, der seine bildungstheoretische Legitimation darin hat, dass die entsprechende Kultur der Schule, Unterricht also, die Initiation immer mit „Reflexion“ verbindet, weil nicht einfach Wissen vermittelt wird, sondern die unterrichtliche Praxis immer „didaktisch“ und „philosophisch“ gestaltet sein soll, nichtallein Wissen, sondern Umgang mit Wissen ermöglicht.

Das systematische Ziel ist das kompetente Verstehen der „Sprache“ des jeweiligen Weltzugangs und die selbstbestimmte Handhabung des spezifischen „Vokabulars“ der Domänen und die Kenntnis seiner Grenzen. Der Begriff der „Sprache“ fungiert hier als eine Metapher für die „klassische Interpretation von Fächern“, die als „grundlegende Modi des kommunikativen Umgangs mit Welt“ verstanden werden, wie das z.B. in einem Gutachten für die KMK für die Ordnung von gymnasialer Oberstufe und Abitur schon 1995 interpretiert wurde (KMK 1995, S. 131-132) und sich aktuell auch systematisch eingebürgert hat, wenn man die „Stimmen der Fächer hören“ und achten will (Heer/Heinen 2019). Die kompetente Handhabung der Sprache der Mathematik und der Naturwissenschaften als eines für die Teilhabe an Kommunikation unentbehrlichen Weltzugangs gehört deshalb seit Humboldt zur allgemeinen schulischen Bildung. Der erwartete outcome ist Grundbildung für alle, die „Konstruktion kultureller Basiskompetenzen“, die man früher in Abgrenzung von der Kompetenz der in spezieller Bildung geschulten Spezialisten „Laienbildung“ (Flitner 1921)[7] nannte, die im Übrigen bis zur „Wissenschaftspropädeutik“, also bis zum Hochschulzugang reichen konnte, die heute vielleicht als „citizen science“ neu diskutiert werden kann.

Gleichwie, bedeutsam ist vor allem die Frage, wie solche allgemeine schulische Bildung systematisch möglich ist. Dafür liefert die Theorie der Schule einige notwendige Unterscheidungen, die solches Lernen von naheliegenden, aber fehlgehenden Interpretationen abgrenzen. Dann gilt es zuerst eine vielfach ignorierte Differenz der Inhalte zu sehen, und d.h. schulische Arbeit und ihre Curricula als kulturformierende Prinzipen von dem Erwerb und der Verbreitung von grundlegenden Kulturtechniken zu unterscheiden. Zu diesen Kulturtechniken gehören in der historischen Sequenz Oralität, Schriftlichkeit und Literalität, kulturell als allgemein unterstellte Fähigkeit des Sprechens, Schreibens und Lesens, auch des Rechnens, präsent, und zwar zu historisch unterschiedlichen Zeitpunkten in anwachsender Kombination (nicht immer

[7] Flitner hat dabei auch noch die „freie“ Volksbildung eingeschlossen, nicht nur schulische Grundbildung.

ging z.B. Lesen mit Schreiben parallel), auch ausgeweitet auf den selbstgewählten Zugang zum und der Nutzung von Wissen. Das sind kulturell höchst nützliche und in Kulturen wie unseren weit verbreitete[8] Techniken, sie sind auch in der Schule notwendig, denn sie machen „unterrichtsfähig", aber sie „bilden" nicht. Kulturtechniken allein ermöglichen weder eine selbstbestimmte Teilhabe an Kultur, gleich ob analog oder digital, noch eröffnen sie im Erwerb die Reflexion schulischer „Kenntnisse" in ihrer Qualität als Modi des Weltzugangs, und schon gar nicht wird damit das Lernen des Lernens kultiviert, das man im Erwerb der Kenntnisse habitualisiert. „Sprachen" sind in schulischer Praxis als Modi des Weltzugangs erst in der Einheit von Kulturtechniken, Themen und Praktiken präsent, sie haben auch nur in domänen-, problem- und themenspezifische Referenz Geltung. Dann gewinnen sie aber ihre umfassende Bedeutung als „Ordnungsinstrumente" des Umgangs mit Welt und Wissen und mit der je eigenen Identität.

Der Lernende selbst ist nämlich in der Praxis von Schule immer auch in seiner Identität herausgefordert. Bildung in Schulen bedeutet ja notwendig die Korrektur von „Fehlvorstellungen", die Reinigung von Alltagsbildern der Welt, damit Bildung als Einheit von „Wissen und Können" möglich wird. Die Form nämlich, die solche Bildung in Schulen möglich macht, ist ebenfalls schuleigentümlich, nämlich in den Praktiken der „Kanonisierung", mit denen die Modi des Weltzugangs erworben werden. Diese Modi sind in der Schule in großer Vielfalt präsent, organisatorisch und in der Interaktion, also im Lehrplan, im Schulbuch, immer in Fächern geordnet und professionell kompetent betreut, aber situativ handlungswirksam doch erst in Unterrichtsthemen und individuell in der Erfahrung von Kompetenz und des eigenen Lernens erst angesichts von Aufgaben, die besonders deutlich, aber nicht allein, den spezifischen Code der Schule zur Geltung bringen. Der ist in der Arbeit an Themen in Dualen erfahrbar, vor allem in den differenzstiftenden Dualen von ‚richtig vs. falsch', ‚erwünscht vs. unerwünscht', ‚erlaubt vs. nicht erlaubt' (etc.), die den Prozess strukturieren und Bildung als Erfahrung von Differenz ermöglichen. Gegen die Zumutungen, die solches Lernen in der Einheit von Selbsttätigkeit und Formierung bedeutet, muss man auch mit sich selbst und angesichts der Erfahrung mit der Schule und ihrer Welt, den peers zumal, zu leben und zu lernen lernen. Das sachliche Ziel schulischer Arbeit, die erwartete Kompetenz im Umgang mit Welt und Wissen, zeigt sich darin, dass im Prozess von „Initiation" und „Reflexion" ein angemessenes Verstehen der jeweiligen „Sprache" der Domäne erreicht wird, und das schließt die Kenntnis der Grenzen des jeweiligen Modus der Domäne ein. Wenn „Ironie" (mit R. Rorty) die Fähigkeit bezeichnet, in der Handhabung des spezifischen „Vokabulars" einer Domäne auch seine Grenzen zu sehen, dann kommt schulische Bildung in solcher Ironie zu ihrem eigenen Ziel (Tenorth 1999), oder für den, dem Ironie zu sehr ironisch klingt, in der Transzendierung der Fachlichkeit (Tenorth 2019 b). Das schließt die Fähigkeit zur Relationierung der einzelnen Modi mit den je anderen ein, und das bedeutet nicht nur, wie z.B. in der Ökologiedebatte, dass biologische mit ethischen Argumenten konfrontiert werden, sondern dass auch Relationierung mit linguistischen, also sprachlich-kommunikativen, oder historischen, also politisch-sozialen, oder ästhetisch-expressiven Modi so erwünscht wie notwendig ist, wenn Lernprozesse nicht auf Konfrontation, sondern auf Bildung zielen.

Es ist letztlich eine spezifische Form von Kommunikation, die solches Lernen ermöglicht, und zwar in der Einheit von Information, Mitteilung und Verstehen (Luhmann 1986, bes. S. 94), die sich in der Sachreferenz, in der Lehrfunktion und in der Selbstreferenz materialisieren. „Verstehen" in einem traditionellen Sinne oder gar pädagogisch als Emphase für den

[8] Das sind, wie die Zahlen über funktionale Analphabeten belegen, aber nicht generell erwartbare Fähigkeiten; Analphabetismus schließt auch nicht generell die Teilhabe an Kultur aus, weil die davon betroffenen Strategien entwickeln mit diesem Manko an Fähigkeiten umzugehen.

Adressaten der Erziehung moralisiert, wird deshalb der komplexen Aufgabe nicht gerecht, die sich im Unterricht zwischen Intransparenz und Verstehen stellt (Luhmann/Schorr 1986). Erst in der Einheit von Information, Mitteilung und Verstehen wird das möglich, was den Bildungsprozess ausmacht. Dann sieht man auch, dass z.B. die Lehrfunktion nicht allein von der Lehrperson wahrgenommen werden muss, sondern sowohl von weiteren Akteuren personal, z.B. auch durch die peer group, oder medial, traditionell im Schulbuch oder aktuell in der Fülle verfügbarer Medien. Dabei zeigt diese Perspektive auch, wie sich die immer schon schwierigen Handlungsprobleme im Unterricht u.a. durch Delegation anders bewältigen lassen, vielleicht sogar zur situativen Entlastung der Lehrperson.

Ein solcher Blick auf die systematisch mit Unterricht verbundenen und nichtvollständig reduzierbaren Schwierigkeiten ist unbedingt erforderlich, schon weil die Frage, wie Bildung nicht allein normativ konstruiert, sondern auch möglich werden kann, auch für schulische Bildung zentral ist: Für die spezifische Form, die Schule und Unterricht darstellen, sind nämlich auch eigene Grenzen charakteristisch. „Lernen ist resistent gegen Erziehung“ (Prange 2009), das bezeichnet eine solche Grenze; es gibt auch keine Technologie des „richtig oder falsch“, sondern nur „Notbehelfe“ in einer Praxis, die man allein in der Dimension von „besser oder schlechter“ qualifizieren und verändern kann (Tenorth 2019 a); es ist endlich auch nicht kontrollierbar, was „man lernt, wenn man nicht lernt“ (Diederich 1994), und zudem ist die Form relativ invariant und stabil gegen Außenintervention (Tyack/Tobin 1994).

Kompetenzkonstruktion als Bildungsprozess – naturwissenschaftlicher Unterricht als Exempel

Ist dann aber Bildung und Kompetenzkonstruktion im Unterricht überhaupt planbar und mit Aussicht auf Erfolg möglich? Gelingt das auch im Naturwissenschaftlichen Unterricht? Es gibt die fatalistische Interpretation, dass Pädagogik und der Lehrerberuf „unmöglich“ sind. Die These wird sogar von klassischen Denkern geadelt, denn meist beruft man sich zum Beleg auf Sigmund Freud und sein Diktum, dass „das Erziehen und das Regieren“ zusammen mit der „Analyse“ zu den „‘unmöglichen‘ Berufe(n)“ gehören, „in denen man des ungenügenden Erfolgs von vornherein sicher sein kann.“ (Freud 1937, S. 94) Die Pädagogen haben dann, schon traditionell, nicht nur emphatisch mit einem „Dennoch!“ als professionelles Symbolon der Pädagogik geantwortet, sondern auch ganz kühl gesagt, dass es an der Klugheit des Beobachters liegt, zu erkennen, warum alltäglich wirklich und zielbezogen möglich wird, was der Außenbeobachter für unmöglich erklärt.

Im Folgenden werden deshalb auch - vor dem Hintergrund der bildungs- und schultheoretischen Unterscheidungen, die hier als Möglichkeiten der Beobachtung von Unterricht vorgestellt wurden - die Bildungsmöglichkeit naturwissenschaftlichen Unterrichts an seiner Wirklichkeit studiert, konkret an den Lektionen eines Exempels, wie man es im Pflichtschulsystem aktuell finden kann. Ausgehend von Erwartungen in Lehrplänen werden Konstruktionsvorgaben für die Gestaltung von Unterricht und die Ergebnisse schulischer Arbeit vorgestellt und auf die Frage hin interpretiert, ob und wie sie in der Verschränkung von Kompetenz- und Bildungsbegriffen auch systematisch als Leistungen der Akteure, der Lehrenden wie der Lernenden, verstanden werden können - natürlich immer im Bewußtsein der Schwierigkeiten, die offenbar auch mit Unterricht notwendig verbunden sind. Der Einfachheit halber, und weil ich andere Welten nicht belasten will, wähle ich den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Berliner Sekundarstufe I als Exempel, und frage danach, ob und wie sich in den Zielvorgaben,

systematischen Annahme und Konstruktionsvorschlägen sowie in den erzielten Ergebnissen Kompetenz und Bildung als Leitmodell der Lehrplan- und Schularbeit identifizieren lassen.[9]

Der Lehrplan der Naturwissenschaften als Derivat von Kompetenz- und Bildungstheorie

Die erste Erfahrung, die man dann beim Lesen des (Berliner[10]) Lehrplans macht, ist höchst erfreulich für den Theoretiker, sieht er doch die Wirkungen seiner Reflexion in der Politik. Dabei ist es in Zeiten von Bildungsstandards und Kompetenzgerede nicht überraschend, dass der Kompetenzbegriff dominiert, aber doch auch beruhigend, dass ein so allgemeines Konzept wie das der „Sprache" der Domänen als Ansatzpunkt für Bildungsprozesse ebenfalls intensiv genutzt wird. Der ganze Prozess wird als „Kompetenzentwicklung" vorgestellt und das Ergebnis wird, indikativisch und von Zweifeln nicht belastet, optimistisch antizipiert, denn es gelte: „Der Wahlpflichtunterricht Naturwissenschaften 7 – 10 ermöglicht [sic HET] den Schülerinnen und Schülern eine Kompetenzentwicklung im Hinblick auf eine vertiefte naturwissenschaftliche Grundbildung." (S. 3) Dann folgt unmittelbar die Explikation, schon hier an der Semantik der Handhabung von Sprachen orientiert: „Darunter versteht man die Beschreibung und Erklärung von Phänomenen, die Nutzung der Sprache und der fachspezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung der Naturwissenschaften." Alles weitere wird vor diesem Hintergrund erläutert und die Referenz auf die „Sprache" der Naturwissenschaften und die für eine Allgemeinbildung heute notwendige Kompetenz in der Beherrschung und Relationierung der Mehrzahl der „Sprachen" (Rincke 2010) gibt den Leitfaden auch für die unterrichtliche Konkretisierung in den Naturwissenschaften ab.

Die daneben zentrale, zugleich als Ansatzpunkt für alle Messungen dominierende Hintergrundtheorie –, ist eindeutig die PISA-Konzeption „naturwissenschaftlicher Grundbildung" (PISA 2015, S. 49, Abb. 2.1.). Mit ihr lassen sich, didaktisch, „Kontexte" und „Alltagssituationen" identifizieren, von denen aus je individuell und gesellschaftlich, lebensweltlich und global die Bedeutsamkeit von Naturwissenschaften und Technik gezeigt werden kann. In der Konkretisierung werden von da aus „Teilkompetenzen" begründet und „Wissensbereiche" – „konzeptuell, prozedural und epistemisch" - sowie die erwünschten „Motivationalen Orientierungen und Einstellungen" zwischen „Interesse" und „Verantwortungsbewusstsein" präzisiert, die insgesamt und aktuell als legitime naturwissenschaftliche Grundbildung gelten sollen. In der Gesamtheit der Teilkompetenzen und der relationierten Bereiche von Wissen und Einstellungen kann dieses Konstrukt durchaus auch als schulisch mögliche Form von Bildung im klassischen Sinne interpretiert werden. An den PISA-Studien selbst kann man deshalb auch ablesen, wieweit die Ziele auch lokal erreicht werden, die hier im OECD-Kontext die Modellbildung leiten.

Der für die Naturwissenschaften praktizierten fachdidaktischen Analyse und Tradition entspricht es, dass der Berliner Lehrplan nach den Zielen seine eigenen Modellannahmen darstellt, und sie in der Benennung der relevanten „Basiskonzepte" und „Praktiken" auch übersichtlich präsentiert. Das geschieht zugleich so, dass innerhalb des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auch der je spezifische fachliche Beitrag der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen, also von Biologie, Chemie und Physik, sichtbar gemacht wird. Die „Beziehungsstruktur" der Basiskonzepte (S. 6) eröffnet so die didaktische Relationierung der Naturwissenschaften untereinander, und zwar „durch Berücksichtigung der Überschneidun-

[9] Die hier genutzte Quelle und alle lehrplanbezogenen Zitate im Folgenden entstammen dem Wahlpflichtfach Naturwissenschaften Berlin, Jahrgang 7-10: https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecher-rahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/ zuletzt eingesehen im August 2019. Zitatnachweise in Klammern im Text.

[10] Schon aus Zeit- und Umfangsgründen muss ich auf alle vergleichenden Beobachtungen verzichten und kann nur versichern, dass die Befunde, die ich hier mache, nicht nur für Berlin gelten.

gen der Basiskonzepte“ sowie, wie sich später zeigt, mit den Sprachen außerhalb der Naturwissenschaften, d.h. mit den anderen fachlich definierten Sprachen des schulischen Kanons und der Alltagssprache, mit der die Lernenden in die Schule und Unterricht kommen und die sie lebensweltlich dominant handhaben. Die didaktischen Implikationen des Lehrplans können deshalb auch von den Sprachen aus am besten weiter erläutert werden. Es geht, gut bildungstheoretisch, um die Initiation in und die Reflexion von „Sprache“, oder, wie es der Lehrplan sagt, indem die „Überschneidungen“ der Basis-Konzepte zum Thema werden. Einige werden in ihrer „besonderen Bedeutung“ vor allem „für fachübergreifende naturwissenschaftliche Betrachtungen“ eigens hervorgehoben, und zwar, sehr konzentriert und übersichtlich[11], die Konzepte von „System“, „Stoff-Teilchen“, „Materie“, „Wechselwirkungen“, „Struktur-Funktion“ und „Entwicklung“. Die leitende Annahme ist dann wieder kompetenzorientiert und optimistisch: „Der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht vernetzt grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte … führt zu einem vertieften Verständnis der fachlichen Zusammenhänge und Bezüge.“ Die wohl bekannten Kompetenzbereiche - „Mit Fachwissen umgehen, Erkenntnisse gewinnen, Kommunizieren, Bewerten“ – werden genannt, und erneut ganz zuversichtlich und mit einer Kompetenzbeschreibung, „verstehen“, die geisteswissenschaftlichen Traditionen entstammt, erwartet der Plan, das sie „es den Schülerinnen und Schülern (ermöglichen), die natürliche und kulturelle Welt zu verstehen und zu erklären.“ Gut bildungstheoretisch, aber auch durch Lernforschung abgestützt, wird auch noch einmal bekräftigt: „Inhalts- und handlungsbezogene Kompetenzen können nur gemeinsam erworben werden.“ Die öffentlich kultivierte Opposition von formal und material, um es klassisch zu sagen, wird also abgewehrt, das Ergebnis wird wieder modern formuliert: „Als Resultat entwickeln sich naturwissenschaftliche Kompetenzen.“ (S. 3). Sie werden erneut wesentlich von Sprache aus im Einzelnen gedeutet und können erneut sehr gut als Bildungsprozesse, geboren aus der Sequenz von Initiation und Reflexion, interpretiert werden.

Erwartungen – Sprache und Kommunikation, „Verständnis“ und „Bewertung“

Die Kompetenzen im Detail werden in mehreren Dimensionen beschrieben. Als „naturwissenschaftliche Handlungsfähigkeit“ zeigen sie sich zunächst „bei der Bearbeitung naturwissenschaftlicher Fragestellungen“, und zwar auf zwei „Systemebenen“, die in dem anspruchsvollen Modus des „Perspektivwechsels“ zuerst naturwissenschaftlich qualifiziert werden, und zwar „vertikal“ und „horizontal“, wenn unterschiedliche naturwissenschaftliche Perspektiven innerhalb einer Naturwissenschaft und zwischen den unterschiedlichen Naturwissenschaften gesehen und eingenommen werden können. Aber es gibt Weiterungen. Der „Aufbau von vernetztem Wissen“ eröffnet „systemisches und multiperspektivisches Denken“, „Basiskonzepte ermöglichen den Schülerinnen und Schülern … eine interdisziplinäre Vernetzung von Wissen, weil die Lernenden in den drei Fächern Biologie, Chemie und Physik vergleichbare Strukturierungselemente benutzen.“ Im Ergebnis sollen sie fähig werden „zu adressatengerechter und sachbezogener Kommunikation unter Einbeziehung geeigneter Medien“, wofür „eine sachgemäße Verknüpfung von Alltags- und Fachsprache erforderlich“ ist. Die Vielfalt der Sprachen existiert also hier schon auf zwei Ebenen, die Fachsprache, zudem in sich differenziert, und die Alltagssprache. Man sollte ergänzen, dass innerschulisch auch die Fachsprachen der anderen Domänen hinzukommen, zu denen sich über die Basiskonzepte ein Anschluss eröffnet, wie der Lehrplan selbst schon sagt, wenn er die Sozialwissenschaften, z.B. bei System oder Entwicklung, oder Wirtschaft und Technik als Referenzen nennt. Aber auch die Praktiken der

[11] Anders als in den Vorschlägen in GDNÄ (2010, S. 11), wo als „Fundamentalbegriffe für alle Fächer“ mehr als 60 genannt werden und der Praktikabilitätseinwand der Schulleute etwas indigniert abgewehrt wird; nur mehr Zeit für die Arbeit an den „ca. 30-40“ „Grundbegriffen … von ‚erstem Rang‘“ wird gefordert (7).

naturwissenschaftlichen Arbeit selbst stiften solche inter- oder transdisziplinären[12] Anschlüsse, denn sie müssen z.B. „die entsprechende Fachsprache verstehen, korrekt anwenden und ggf. in die Alltagssprache übersetzen", Ergebnisse mitteilen, „ihre Position … reflektieren … Argumente (finden) oder revidieren". Dabei könnte man explizit stärker betonen, dass im allgegenwärtigen Prozess der „Verwissenschaftlichung des Sozialen" (Raphael 1996) Praktiken der Naturwissenschaften wie beobachten, vergleichen und messen, ja selbst komplexe Versuchsanordnungen wie das Experiment in die Lebenswelt eindringen und zum Thema der Reflexion werden müssen, fachübergreifend. Das systematische Fazit wird jedenfalls bildungstheoretisch formuliert: „Kommunikation ist Methode und Ziel des Lernens gleichermaßen." Deshalb gilt auch: „Ein naturwissenschaftlicher Unterricht zeichnet sich auch dadurch aus, dass er sprachsensibel und sprachintensiv gestaltet wird."

All das, so der Lehrplan insgesamt, „ist Teil einer zeitgemäßen Allgemeinbildung." Aufgabe des Unterrichts ist es, „durch die Auswahl geeigneter Sachverhalte" Einsicht in die „Vernetzungen der einzelnen Naturwissenschaften in Alltag, Umwelt und Wissenschaft" zu gewinnen, „naturwissenschaftliche Kenntnisse auf neue Fragestellungen zu übertragen," dabei auch die gesellschaftliche Dimension zu sehen, also „Probleme in realen Situationen zu erfassen, Interessenkonflikte auszumachen, mögliche Lösungen zu erwägen und deren Konsequenzen zu diskutieren." Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsels stellt sich erneut, jetzt aber in der politisch-gesellschaftlichen Dimension: „Bei der Betrachtung gesellschaftsrelevanter Themen aus unterschiedlichen Perspektiven erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass Problemlösungen von Wertentscheidungen abhängig sind. Sie prüfen Argumente auf ihren sachlichen und ideologischen Anteil und treffen Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst. Sie differenzieren nach biologisch, chemisch und physikalisch belegten, hypothetischen oder nicht naturwissenschaftlichen Aussagen in Texten und Darstellungen und kennen die Grenzen der naturwissenschaftlichen Sichtweise." Wer würde das nicht für eine legitime Erwartung an naturwissenschaftliche Grundbildung halten?

Ergebnisse – messbare Effekte, zurechenbare Effekte, offene Fragen

Erreicht die Sekundarstufe der Pflichtschule, in Berlin und anderswo, solche Ergebnisse? Für die Antwort auf solche Fragen muss man zu nächst einräumen, dass nicht in all diesen Dimensionen gemessen wird, die der Lehrplan zum Ziel und zum Thema macht. Die large-scale-assessments beschränken sich im Wesentlichen auf die kognitive Seite der Schule und einige wenige motivationale Aspekte. Politische Urteilsfähigkeit und politisches Verhalten werden zwar auch gemessen, auch auf Schule insgesamt, aber nicht auf naturwissenschaftlichen Unterricht im Einzelnen zugerechnet. Insofern ist die Aussage über die Effekte des Unterrichts begrenzt, auch wenn sich regionale Befunde, und auch für Berlin, finden lassen, wenn man z.B. die PISA oder IQB-Befunde anschaut. Im Detail sind diese Befunde gut bekannt, wenn man z.B. für 2015 liest, dass „die Fünfzehnjährigen … in den Naturwissenschaften … erneut signifikant … über dem OECD-Durchschnitt" bei den kognitiven Leistungen liegen, und zwar in allen „drei Teilkompetenzen *Phänomene naturwissenschaftlich erklären*, *naturwissenschaftliche Forschung bewerten* und *Untersuchungen planen sowie Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren* … gleichmäßig hoch ausgeprägt." Das Lob ist eindeutig, dass

[12] In dieser Unterscheidung werden im Konzept der GDNÄ die „fachübergreifenden" Möglichkeiten erläutert (2010, S. 11), wobei für die Naturwissenschaften „interdisziplinäre Begriffe, z.B. Protein (Biologie-Chemie ...)" und für das gesamte System der Wissenschaften [mit einem Ausdruck von Jürgen Mittelstraß] „transdisziplinäre (Fundamental-) Begriffe, z.B. Struktur, Theorie, Zeichen, Modell, Kultur …)" unterschieden werden.

„es in Deutschland gelungen (ist), die naturwissenschaftliche Kompetenz auf einem im internationalen Vergleich hohen Niveau zu stabilisieren.“ (PISA 2015)

Bevor man in Begeisterung ausbricht, sollte man diesen Gesamtbefund differenziert betrachten, wie das zum Glück schon mit PISA möglich ist. Bleibt man bei den Daten für 2015, dann kann man schon die erhebliche Varianz nach Schularten für Deutschland nicht übersehen (PISA 2015, Abb. 2.17), die Tatsache, dass nicht-gymnasiale Schularten in den kognitiven Leistungen deutlich hinter den als positiv einzuschätzenden Mittelwerten zurückbleiben. Auch die motivationale Orientierung und die Selbstwirksamkeitserwartung ist schulartspezifisch höchst verschieden (PISA 2015, Abb. 3.3), „Freude & Interesse“ am Unterricht und an „naturwissenschaftlichen Themen“ unterscheiden sich signifikant, und erneut zeigen nur die gymnasialen Schulen positiv bewertbare Ergebnisse. Differenzen und Defizite ergeben sich schließlich für die regional spezifizierten Befunde, und hier kommt man dann auch wieder nach Berlin zurück, jetzt mit den IQB-Daten. Berlin gehört mit den anderen Stadtstaaten und auch mit den Flächenländern Nordrhein-Westfalen, Hessen und dem Saarland zu den Bundesländern (IQB 2012, S. 144), die bei der Kompetenzentwicklung deutlich nach unten hin abweichen, und seine nicht-gymnasialen Schularten besonders deutlich.

Die Ursachenerklärung für diese Befunde ist natürlich hoch komplex, politische und pädagogisch-didaktische, professionspolitische und materielle Faktoren spielen hier zusammen und die eigene Reformpraxis, die, wie Hamburg zeigt, sich durchaus erfolgreich gestalten lässt. Aber man kann sicherlich feststellen, dass es dem Unterricht in diesen Ländern, und dann auch in Berlin, nicht gelingt, die großen Ambitionen einzulösen, die das intendierte Curriculum markiert. Aktuell wird man allerdings die Leistungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts auch nicht mehr allein mit PISA und dem IQB diskutieren, sondern sicherlich auch die öffentlichen Aktivitäten von Schülern im Kontext von *Friday for Future* heranziehen und sie, vielleicht sogar mit Stolz, als Transferleistung schulischer Arbeit interpretieren. Offenbar hat sich in der jungen Generation, so kann man hören, das Verständnis für die Argumente der Naturwissenschaften doch signifikant ausgebildet. Eine solche Interpretation muss allerdings mit zwei Einwänden leben: Der erste geht von dem Befund aus, dass sich an diesen Protesten kaum mehr als 5% der Alterskohorte beteiligt, zudem schichtspezifisch eindeutig erklärbar, so dass sich eher für die anderen 95% ein Mißerfolg der Schule in der Generalisierung von Kompetenz und Motiven behaupten lässt als ihr Erfolg. Der zweite Einwand zielt nur auf die 5% und fragt, wieweit dabei auch bildungstheoretische Wirkungen sichtbar sind, z.B. ein Bewusstsein von den Grenzen der Naturwissenschaften. Das sieht man kaum, denn die politische Argumentation der Aktivisten kennt nur einen szientifisch-moralischen Rigorismus, weitgehend ohne Verständnis für die komplexen Entscheidungsprobleme und die Vielfalt der Referenzen, von denen die „Sprache“ der Politik und ihre Praxis geprägt ist. Wahrscheinlich trifft man deshalb besonders in der Erwartung der komplexen Vernetzung der Kompetenzen der Domänen auf die systematischen Grenzen schulischer Praxis. Bildung in ihrer Komplexität bleibt Leistung der Individuen, pädagogisch nicht zu kontrollieren.

Digitale Bildung – die Zukunft der Bildung?

Aus der Distanz und im Blick auf aktuelle Zeitdiagnosen kann man schließlich lesen, dass das alles nur noch Perspektiven von gestern sind, weil Digitale Bildung das alte Bild der Schule und die Erwartungen an die Kompetenz revolutionär verändern wird. Das ist ein eigenes Thema, aber bildungs- und schultheoretisch, wie man jetzt schon sagen kann, ist eine solche Revolutionsprognose wenig vertrauenserweckend, schon weil die Differenz von allgemeiner und specieller Bildung meist ignoriert wird. Bildungshistorisch kann man sehen, dass

allgemeine schulische Bildung bei aller Radikalität des technologischen Wandels in den letzten 200 Jahren relativ stabil geblieben ist, vor allem, seit volkstümliche Bildung durch das Prinzip der Wissenschaftsorientierung ersetzt wurde. Die „Industrielle Revolutionen", von James Watt bis zu Werner Siemens und Henry Ford, wurden möglich, indem allgemeine Beschulung für 6-8 Schuljahre generalisiert wurde. Das „Zeitalter der Automation", nach 1950, und auch die anderen Epochenzäsuren, die immer neu ausgerufen wurden, von der „Electronic Revolution" und der „Wissensgesellschaft" in den 1960ern, dem „Technetronic" oder „Computer Age" in den 1970ern, der „Microelectronics Revolution" in den 1980ern, waren möglich, ohne die allgemeine schulische Bildung grundlegend anders zu gestalten. Verändert haben sich die Institutionen specieller Bildung, die nicht-akademische und akademische Ausbildung. Hier kennt man auch die spezifische Leistung allgemeiner Bildung, denn sie muss - und hat - offenbar hinreichend Lernbereitschaften generalisiert und zugleich Kompetenzen erzeugt, die in der nachschulischen Ausbildung vorausgesetzt wurden und deren Wandel und Leistung mit ermöglicht haben, ohne eine didaktische Revolution oder die Neuerfindung der Schule.

Im Prozess der Digitalisierung wird das kaum anders sein. Auch Digitale Bildung bedeutet nicht Revolution der Schule, schon weil die gelegentlich geäußerten Vorzüge schultheoretisch eindeutig als Schwächen erkennbar sind, ja die systematischen bildungs- und schultheoretischen Blindstellen bei vielen Proponenten digitaler Bildung verraten. Die These z.B., dass mit Digitalisierung eine „Neue Kulturtechnik" an die Stelle der alten getreten sei und Schule das nachvollziehen müsse, zeigt, dass hier der Sinn für die Komplexität kultureller Basiskompetenzen fehlt. Wer, ferner, behauptet, jetzt werde ein „Lernen ohne Lehrer" möglich, hat Schule als eine eigene und unentbehrliche Form von Kommunikation nicht verstanden und auch nicht die Tatsache, dass sie immer schon und notwendig personal, medial und material zugleich basiert war. Dass schließlich jede „Neue Gesellschaft" auch „neues Lernen" und eine „andere Schule" verlange, der ignoriert, dass die Form der modernen Schule ein historisch höchst lernfähiges System darstellt, dass gegen jede Rhetorik der Revolution, zumal des 20. Jahrhunderts, ihre Eigenlogik am Ende doch behauptet hat.

Auf der anderen Seite kann man sicherlich auch nicht ignorieren, dass sich eine neue Kultur in der hybriden Einheit des Analogen und Digitalen ausbildet, die im Unterricht thematisch werden muss. Produktiv für die Lernenden wird das aber nur, wenn diese Herausforderungen in die Logik der Schule transformiert werden, um in Bildung allgemein und reflektiert zu werden. Ohne diese Transformation in die Modi des Weltzugangs droht der „McLuhan-Fehler", dann praktiziert und beobachtet digitale Kultur nur noch sich selbst und in ihren Medien. Aber damit erzeugt man weder Kompetenzen, also die notwendigen Praktiken und Fähigkeiten im Umgang mit dieser Welt, noch Bildung, den Rückbezug dieser Erfahrungen auf das Selbst. Denn schon *fake news* oder *Filterblasen* z.B. sind nicht allein medialer Natur. Wahrheit und Triftigkeit entscheiden sich „sachlich" und „kommunikativ", Umgang mit Geltungsfragen setzt Bildung voraus, d.h. domänenspezifische Kompetenzen und Urteilskraft. Deshalb gilt auch der Primat der pädagogischen, v.a. der fachdidaktischen Arbeit in Zeiten der Digitalisierung. Erst sie eröffnet allgemeine Bildung, damit spezielle Bildung möglich wird.

Literatur

Diederich, Jürgen (1994): Was lernt man, wenn man nicht lernt? Etwas Didaktik „jenseits von Gut und Böse" (Nietzsche). In: Zeitschrift für Pädagogik 40, 3, S. 345-353.
Flitner, Wilhelm (1921): Laienbildung. Leipzig: Teubner.

Freud, Sigmund (1937): Die endliche und die unendliche Analyse. Ges. Werke Bd. XVI, London: Imago 1950, 2. Aufl. 1961, S. 59-99.
GDNÄ Rahmenplan-Kommission/Gerhard Schaefer (Hrsg. von Gerhard Schaefer) (2000): Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften.
GDNÄ Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (2010): Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Kurzfassung der Denkschrift 2007 der GDNÄ-Bildungskommission. www.gdnae.de.
Gruschka, Andreas (2011): Verstehen lehren. Ein Plädoyer für guten Unterricht. Stuttgart 2011.
Heer, Michaela/Heinen, Ulrich (Hrsg.) ((2019): Die Stimmen der Fächer hören. Paderborn: Schöningh.
Heimann, Paul (1962): Didaktik als Theorie und Lehre. In: Die Deutsche Schule 54, S. 409-427.
Humboldt, Wilhelm von (1965): Humboldt Werke. Ed. Andreas Flitner/Klaus Giel, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Bd. IV: Schriften zur Politik und zum Bildungswesen.
Kerschensteiner, Georg (1913): Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. München.
Klafki, Wolfgang (1957): Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. 2. Aufl. Weinheim 1963.
Klieme, Eckard u.a. (2003): Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bonn: KMK, S. 56-67.
Kluge, Alexander (1973): Lernprozesse mit tödlichem Ausgang. Frankfurt a.M.: Suhrkamp
KMK: Abschlußbericht der Expertenkommission der KMK "Weiterentwicklung der Prinzipien der Gymnasialen Oberstufe und des Abiturs". Kiel/Bonn 1995.
Kramp, Wolfgang (1963): Fachwissenschaft und Menschenbildung. In: Zeitschrift für Pädagogik 9, 1, S. 148-167.
Liessmann, Konrad Paul (2014): Geisterstunde. Die Praxis der Unbildung. Eine Streitschrift. Wien: Zsolnay.
Luhmann, Niklas (1986): System verstehen Systeme. In: ders./K.-E. Schorr (Hrsg.): Zwischen Intransparenz und Verstehen. Fragen an die Pädagogik. Frankfurt a.M: Suhrkamp., S. 72-117
Luhmann, Niklas/Karl-Eberhard Schorr (Hrsg.) (1986): Zwischen Intransparenz und Verstehen. Fragen an die Pädagogik. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
Maurer, Christian (Hg.) (2017): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg.
Oser, Fritz /Jürgen Oelkers (Hrsg.) (2001): Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards. Chur/Zürich: Rüegger.
Oser, Fritz (2016): Kompetenzfundamentalismus und Legitimationsarmut. In: VHN 85, S. 148-151.
PH Luzern (2014): Leitartikel zum kompetenzorientierten Unterricht. Begriffe — Hintergründe — Möglichkeiten. Luzern: PH.
PISA 2015: Kristina Reiss/Christine Sälzer/Anja Schiepe-Tiska/Eckhard Klieme/Olaf Köller (Hrsg.) (2016): PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster/New York: Waxmann.
Prange, Klaus (2009): Provoziertes Lernen. Zu den Aufgaben des Erziehens und der Intransparenz des Lernens. In: G.Strobel-Eisele/A.Wacker (Hrsg.): Konzepte des Lernens in der Erziehungswissenschaft. Phänomene, Reflexionen, Konstruktionen. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 45-55.
Raphael, Lutz (1996): Die Verwissenschaftlichung des Sozialen als methodische und konzeptionelle Herausforderung für eine Sozialgeschichte des 20. Jahrhunderts. In: Geschichte und Gesellschaft 22, 2, S. 165-193.
Rieger-Ladich, Markus (2019): Bildungstheorien zur Einführung. Hamburg Junius.
Rincke, Karsten (2010): Von der Alltagssprache zur Fachsprache - Bruch oder schrittweiser Übergang? In: G. Fenkhart/E.Zeitlinger/A.Lembens (Hrsg.): Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Innsbruck: Studien Verlag, S.47-62.
Tenorth, Heinz-Elmar (1999): Unterricht und Bildung - Biologie und Ironie. Theoretische Grundprobleme und Fragen an den Biologieunterricht. In: H.Bayrhuber u.a. (Hrsg.): Biologie und Bildung. Kiel, IPN, S. 29-43.
Tenorth, Heinz-Elmar (2018): Wilhelm von Humboldt. Bildungspolitik und Universitätsreform. Paderborn: Schöningh.
Tenorth, Heinz-Elmar (2019a): Der Erzieher als Techniker, die Technologie der Pädagogik. In: Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Pädagogik 95, 4, S. 467-483.
Tenorth, Heinz-Elmar (2019): Fächer - Disziplinen - Unterrichtswissen: Dimensionen der Fachlichkeit im Bildungsprozess. In: Heer/Heinen (Hrsg.) (2019b): Die Stimmen der Fächer hören. S. 23-45.
Tenorth, Heinz-Elmar (2020): Die Rede von Bildung – Tradition, Praxis, Geltung. Beobachtungen aus der Distanz. Stuttgart: Metzler (i.Dr.).
Tyack, David /William Tobin (1994). The »Grammar« of Schooling: Why has it been so hard to change? American Educational Research Journal, 31 (3), 453-479.
Weinert, Franz E. (2002): Leistungsmessung in Schulen. Stuttgart: Klett.

Simone Abels Leuphana Universität Lüneburg

Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inklusion – Inklusion durch Kompetenzorientierung?

Wie wird unser Alltag in 10 oder 20 Jahren aussehen? Wird unser Alltag ausnahmslos digitalisiert sein? Roboter im Haushalt, sprechende Kühlschränke, fliegende Autos, … Und wird in der Gesellschaft von morgen für alle Menschen ein gleichberechtigter Zugang zu diesem digitalen Wandel möglich sein? Die Gesellschaft von morgen ist eine globalisierte Gesellschaft: riesige Städte, die ernährt werden müssen, Landwirtschaft gigantischen Ausmaßes, eine unvorstellbare Logistik, Transport und Infrastruktur, die nötig sind, um Menschen, Güter und Produkte um den Globus zu bringen. Im Mittel sind die ökonomischen Probleme der Weltbevölkerung durch die Globalisierung eher kleiner geworden: Beispielsweise hat sich der Zugang zu Bildung verbessert und es gibt weniger Hungerleiden. Das Risiko an Übergewicht zu sterben ist in diesen Zeiten erstmals größer als an Untergewicht zu sterben.[1] In den letzten etwa 40 Jahren hat das Pro-Kopf-Einkommen stetig zugenommen und es lässt sich seit wenigen Jahren erstmals eine sogenannte globale Mittelschicht feststellen.[2] Wie gesagt, diese Daten sind Durchschnittswerte und gelten auf manchen Kontinenten deutlich mehr (z.B. Asien) als auf anderen (Afrika). Unsere Gesellschaft ist zudem eine vernetzte Gesellschaft. Es gibt mehr aktive Handys als Zahnbürsten.[3]
Ökologisch betrachtet kann die heutige Gesellschaft nur wenige solcher Errungenschaften vorweisen. Der Klimawandel ist da; in diesem Sommer wüteten verheerende Waldbrände, z.B. in Portugal, Sibirien und Südamerika. Die Erde wird immer heißer und trockener und damit teilweise unbewohnbar. Auch wenn die Auswirkungen des Klimawandels viel stärker im globalen Süden spürbar sind, müssen wir gar nicht so weit weg schauen. An Nord- und Ostsee sind immer mehr Sturm- und Springfluten zu verzeichnen, auch Tornados, Starkregen und Überschwemmungen treffen uns immer heftiger.[4]
Die Politik agiert zu langsam, deswegen gehen seit 2018 vor allem viele junge Menschen auf die Straße, um zu demonstrieren für eine Zukunft, die auch der nächsten Generation noch zuzumuten ist. Sie erzeugen Aufmerksamkeit und Diskussionen, sie verfallen durch die schlimmen Bilder der ökologischen Auswirkungen nicht in Angststarre und Pessimismus, sondern ermutigen sich und andere etwas zu unternehmen. Notwendig für solche Diskussionen unter reflektierten Bürger*innen mit dem Ziel die Politik zum Handeln zu motivieren, ist jedoch eine fundierte naturwissenschaftliche Grundbildung aller Menschen, kein blinder Aktionismus.

Epochaltypische Schlüsselprobleme mit Zukunftskompetenzen angehen

Die Umweltproblematik ist eines der sogenannten epochaltypischen Schlüsselprobleme. Solche Probleme sind von gesamtgesellschaftlicher, zukunftsweisender und zumeist auch weltumspannender Bedeutung. Dazu zählen nach Klafki (1999) neben der Umweltfrage die gesellschaftlich verursachte Ungleichheit, das Wachstum der Weltbevölkerung, die Frage von Krieg und Frieden, die Frage nach Sinn und Problematik des Nationalitätsprinzips, die Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und

[1] https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2016-03/uebergewicht-adipositas-ernaehrung-bmi-entwicklung (13.10.2019)
[2] https://magazin.spiegel.de/SP/2018/44/160311473/index.html (13.10.2019)
[3] https://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/computer_nt/article106368159/Die-Welt-zaehlt-mehr-Handys-als-Zahnbuersten.html (13.10.2019)
[4] https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/ttt/videos/ttt-25082019-david-wallace-wells-video-100.html (13.10.2019)

Kommunikationsmedien, das Problem der Subjektivität des Einzelnen und einige mehr. Es gilt Menschen so zu bilden, dass sie sich dieser epochaltypischen Schlüsselprobleme widmen können. Nach Klafki sollten dafür Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit entwickelt werden, also sogenannte Schlüsselqualifikationen (Klafki, 1995). Textor (2018) weist deutlich umfassendere und präzisere Zukunftskompetenzen aus, wobei Kompetenzen als Fähigkeiten verstanden werden „unter dem dreifachen Aspekt von Kenntnissen, Fertigkeiten und Einstellungen. Kompetenzen äußern sich in konkreten Handlungen“ (Ziener, 2006, S. 20). Die Zukunftskompetenzen oder *future skills* lassen sich in drei Bereiche teilen (Tab. 1).

Kompetenzbereiche	Kompetenzen
personale und emotionale Kompetenzen	- Selbstbewusstsein - Medienkompetenz - Flexibilität, Mobilität - Resilienz - Verantwortungsbereitschaft - Akzeptanz der Grenzen des Wachstums, Bereitschaft zum Verzicht sowie zu einem energiesparenden und ressourcenschonenden Lebenswandel - Liebe zur Natur, Umweltbewusstsein, Fähigkeit zum praktischen Umweltschutz
soziale und kommunikative Kompetenzen	- Sensibilität, Empathie - Team- und Kooperationsfähigkeiten, Integrations- und Anpassungsbereitschaft, Durchsetzungsfähigkeit, Konfliktlösefertigkeiten - angemessener (privater) Umgang mit alten, behinderten und pflegebedürftigen Personen, mit Migrant*innen und Flüchtlingen, mit Menschen in anderen Ländern
kognitive und lernmethodische Kompetenzen	- Reflexionsfähigkeit, Urteilsvermögen, kritische Haltung, Problemlösefertigkeiten - Neugier, Forschungsdrang, Experimentierfreude, Kreativität, Produktivität - Lern- und Leistungsmotivation, Bereitschaft zum lebenslangen Lernen, zur Fort- und Weiterbildung, zum Umlernen und zur Umschulung - Lernen des Lernens, effektive und effiziente Verarbeitung von Informationen - relevante Computerprogramme und das Internet nutzen, mit Technik umgehen können

Tab. 1. Kompetenzen für die Gesellschaft von morgen – future skills (Textor, 2018)

Fähigkeiten, die zukünftig benötigt werden, aber von den heutigen Erwachsenden bzw. Lehrenden selbst ggf. nicht beherrscht werden, lassen sich nur bedingt vermitteln. Kindern sollte ermöglicht werden, metakognitive Kompetenzen zu erwerben, so dass sie sich die zukünftig relevanten Kompetenzen selbst aneignen können. Einstellungen und Werte werden von großer Bedeutung sein, da sie beeinflussen, wie die nächste Generation mit den epochaltypischen Schlüsselproblemen umgehen wird (Textor, 2018). Neben überfachlichen Kompetenzen benennen Expert*innen des Bildungs-Delphi (Stock, 1998) aber auch spezifische Fachkenntnisse für die Gesellschaft von morgen, die vor allem in der beruflichen Bildung bzw. der Hochschule gelehrt werden sollten. Dazu zählen u.a.

- ein breites Allgemeinwissen (Mathematik, Naturwissenschaften, Technik, Wirtschaftswissenschaften, Recht, Geographie, Geisteswissenschaften, Musik, Kunst, Umweltwissenschaften, Demographie, Politik, Psychologie, Pädagogik usw.),
- Wissen über aktuelle Probleme (Finanz- und Wirtschaftskrisen, Staatsverschuldung, demographische Entwicklung, Klimawandel, Umweltzerstörung, Rohstoff- und Energiekrise usw.)
- Fremdsprachenkenntnisse (Englisch, Mandarin, Hindi, Spanisch usw.)
- IT-Kenntnisse
- Zukunftswissen
- berufliches Grundlagenwissen
- Spezialwissen

Die beim Wissens-Delphi (Stock, 1998) befragten Expert*innen priorisierten personale und soziale Kompetenzen vor methodischen Kompetenzen und inhaltlichem Basiswissen. Letzteres sollte den Lernenden anhand aktueller, komplexer und übergreifender Kontexte bzw. Problemstellungen vermittelt werden und nicht mehr in den klassischen Schulfächern entlang kanonisierter Curricula.
In die gleiche Kerbe schlägt auch Tony Booth, Mitautor des Index für Inklusion, wenn er neue Schulfächer vorschlägt wie „Food cycles, water, clothing and the decoration of the body, housing and the built environment, mobility trade and transport, (…), life on earth, sources of energy" u.v.m. (Booth, 2014, S. 63). Interessanterweise bestehen hier enorm viele Anschlussmöglichkeiten für die naturwissenschaftlichen Fächer, die bei einer solchen Kontextorientierung sicher strukturell als Schulfächer marginalisiert, inhaltlich jedoch massiv aufgewertet würden. Entscheidend sind das Schaffen subjektiver Bedeutsamkeit der Inhalte durch Interessens- und Lebensweltorientierung, das Lernen in authentischen, praxisbezogenen Situationen und die Ermöglichung von Partizipation bei der Auswahl von Lerninhalten, was sich in Klafkis Selbst- und Mitbestimmung und der Idee einer Demokratiepädagogik widerspiegelt. Relevanz von Inhalten kann auf unterschiedlichen Ebenen durch Lehrende aufgezeigt und von Lernenden wahrgenommen und zugesprochen werden.
Die beschriebene Kontextorientierung steht im Einklang mit den kompetenzorientiert geschriebenen Lehrplänen, die weniger auf eine rückwärts gerichtete Reproduktion, denn auf eine zukunftsorientierte Anwendung des Gelernten abzielen. So ist auch oberste Zielstellung der aktuellen Curricula eine naturwissenschaftliche Grundbildung (*scientific literacy*) zu erreichen. Für PISA 2015 wurde die Definition von *scientific literacy* umgeschrieben. Sie gilt für alle Lernenden gleichermaßen.
„[Scientific literacy for all learners] is the ability to engage with science-related issues and with the ideas of science as a reflective citizen. A scientifically literate person, therefore, is willing to engage with science-related issues in reasoned discourse about science and technology, which requires the competencies to explain phenomena scientifically [...], understand scientific enquiry [...], [and] interpret scientific evidence [...]" (Roberts & Bybee, 2014, S. 552).
Die Ergebnisse von PISA 2015 zeigen jedoch, dass die Zielstellung nicht alle Lernenden erreichen. Ca. 20 % der Schüler*innen in Deutschland erreichen Kompetenzstufe 2, d.h. die Anforderungen des Grundkompetenzniveaus nicht. Der sozioökonomische Hintergrund klärt dabei 15 % der Varianz auf und übt vor allem im frühkindlichen Bereich massiven Einfluss aus, was sich im Laufe der Schulzeit noch verstärkt (OECD, 2016). Wenig familiäre Ressourcen bedingen einen niedrigeren Schulabschluss und schlechtere Testergebnisse in den großen Schulleistungsstudien.
*„Im Kompetenzbereich Naturwissenschaft erzielten im Jahr 2015 die benachteiligten Schüler*innen durchschnittlich 466 Punkte und die begünstigen Schüler*innen durchschnittlich 569 Punkte"* (OECD, 2016, S. 430).

*„Die benachteiligten Schüler*innen liefern zu 28% schwache Leistungen im Bereich Naturwissenschaft. Nur 3% können als leistungsstark bezeichnet werden. Die begünstigten Schüler*innen liefern nur zu 5% schwache Leistungen. 25% von ihnen können als leistungsstark bezeichnet werden“* (ebd., S. 433f.).

Naturwissenschaftliche Grundbildung für alle

Im 2016 gegründeten Netzwerk für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (NinU), das seit 2018 DFG gefördert ist (NE 2105/2-1), widmen sich Fachdidaktiker*innen der naturwissenschaftlichen Fächer der Frage, wie eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle Schüler*innen erreichbar wird. Zunächst konnte im Netzwerk ein Konsens darüber erreicht werden, was inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht anstrebt.

*„Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen **fachspezifischen** Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“* (Menthe et al., 2017, S. 801, Herv. S.A.).

Dem zugrunde liegt die Haltung eines weiten Inklusionsverständnisses (vgl. Werning, 2014), obwohl das derzeitige deutsche Schulsystem nach wie vor einen engen Fokus auf Behinderung bzw. diagnostizierte Förderbedarfe legt, was sich so schnell nicht zu ändern scheint. Dies bedingt ein Desiderat in der Beforschung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht in der praktischen Umsetzung, so dass auch in der Gesellschaft von morgen die Partizipation aller Menschen an Gesellschaft, Bildung und Kultur voraussichtlich nicht verankert sein wird. Das Problem an der oben genannten Definition ist zudem, dass zwar die Betonung auf der Partizipation an fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen liegt, diese aber so unterbestimmt sind, dass der erzielte Konsens für die Praxis und Forschung wenig handlungsleitend ist.

Naturwissenschaftliche Fächer werden grundsätzlich als sehr geeignet für inklusiven Unterricht beurteilt (Menthe & Hoffmann, 2015). Dies liegt an der Möglichkeit den Unterricht entlang von spannenden Phänomenen motivierend zu gestalten und die Schüler*innen handlungsorientiert arbeiten zu lassen. Nachteilig sind das Gefährdungspotential in Experimentiersituationen, hoher Organisationsaufwand bezüglich des Bereitstellens von Material, hierarchisch aufgebaute Curricula und der Anspruch fachliche Konzepte auf einem hohen Abstraktionsniveau zu verstehen. Insbesondere letzteres scheint für Naturwissenschaftslehrpersonen nicht verzichtbar bzw. den Kern des eigenen Faches erst auszumachen. Erst wer Phänomene auch erklären kann, hat die Zusammenhänge von Physik/Biologie/Chemie verstanden. Um die mangelnde Zugänglichkeit der Fächer zu minimieren, wird z.B. vorgeschlagen, Formel- und Teilchenbetrachtungen in hohe Klassenstufen zu verschieben, individuelle Schüler*innenvorstellungen noch besser zu berücksichtigen, zieldifferent zu arbeiten, bedeutsame Lerngelegenheiten zu schaffen und Lerngelegenheiten auf basalem Entwicklungsniveau anzubieten (ebd.). Auch im Forschenden Lernen und der Gestaltung von Aufgaben, die alle Schüler*innen in ihrer „Zone der nächsten Entwicklung“ (Vygotskij, 1978) bearbeiten können, liegt eine hohe Potentialorientierung (Abels, 2019). Allerdings müssen diese Vorschläge daraufhin beleuchtet werden, ob sie Fachlichkeit verschwinden lassen. Meine These ist, dass sich eine andere Art der Fachlichkeit ergibt, die wir mit Blick auf die zu Beginn genannten Schlüsselprobleme und Zukunftskompetenzen ausgestalten und akzeptieren lernen müssen.

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht

Was inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht nun genau ausmacht, versuchen wir im BMBF Projekt „Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten“ (01NV1731) spezifischer auf den Grund zu gehen. Bekannt ist, dass Lehrpersonen insbesondere ab der Sekundarstufe I große Schwierigkeiten haben, Fachunterricht inklusiv zu gestalten. Die

zunehmende Fachlichkeit bewirkt Exklusionsmechanismen (Musenberg & Riegert, 2013). Durch problemzentrierte Interviews (n=16; vgl. Gläser & Laudel, 2010) mit Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe, mit und ohne sonderpädagogische Ausbildung, und deren Kontrastierung haben wir uns versprochen, herauszufinden, welchen Einfluss die zunehmende Fachlichkeit auf inklusiven Unterricht hat (Sellin, Barth, & Abels, 2020, in Vorb.). Gefragt wurden die Lehrpersonen beispielsweise Folgendes:

- Lehrkräfte haben in ihren Klasse ganz unterschiedliche Schüler*innen. Was bedeutet das Ihrer Meinung nach für den naturwissenschaftlichen Unterricht?
- Erzählen Sie von Ihrer besten Stunde, die Sie im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht gegeben haben.
- Welche Kompetenzen brauchen Lehrkräfte, um einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten?

Die Antworten der Lehrpersonen sind allgemein- oder inklusionspädagogischer Natur, selten fachdidaktisch und diese beiden Perspektiven werden so gut wie nie gemeinsam gedacht, wie das folgende Ankerbeispiel aus der Erhebung von Katja Sellin demonstriert (ebd.).

„Und das ist total schön zu sehen, dass sie vor allen Dingen, wenn sie in den Tischgruppen oben in dem Klassenraum arbeiten, da gibt es viele von den starken Schülern die dann fertig sind, aber gar nicht unbedingt weiterführend was machen wollen, sondern die WOLLEN den anderen helfen, weil ihnen das Freude bereitet und weil sie den Stoff dadurch ja auch wiederholen und dann gut verinnerlichen. Und so können wir das gut nutzen. Und ich find ja die, die eben leistungsschwächer sind, zeigen den anderen dafür andere Sachen, die können andere Bereiche besser und ähm, genau.“ (L2_Nawi)

Um der Konkretisierung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts näher zu kommen, hat Sarah Brauns ein systematisches Literaturreview in den Datenbanken FIS Bildung, ERIC und scopus durchgeführt (n= 265; vgl. Fink, 2009). Herausgearbeitet wurden Kategorien zu den Spezifika des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Phänomene, Experimente, Versuchsanleitungen, Fachsprache etc. – und wie deren Gestaltung inklusiv umzusetzen ist (Brauns, Egger, Sellin, Barth, & Abels, in Vorb.). In der systematischen Ordnung der Kodierungen, von denen ca. zwei Drittel normativ und nicht empirisch basiert sind, zeigt sich, dass diese aus Vorschlägen zur inklusiven Gestaltung bestehen, die die Phänomenebene des naturwissenschaftlichen Unterrichts betreffen. Ein kleiner Teil, wie z.B. der Vorschlag Erklärungen auf verschiedenen Abstraktionsgraden anzubieten, bildet den Übergang zur abstrakten, d.h. nach Johnstone (2000) submikroskopischen und symbolischen Ebene (Abb. 1). Vorschläge zum inklusiven Lernen abstrakter Konzepte gibt es kaum (ebd.).

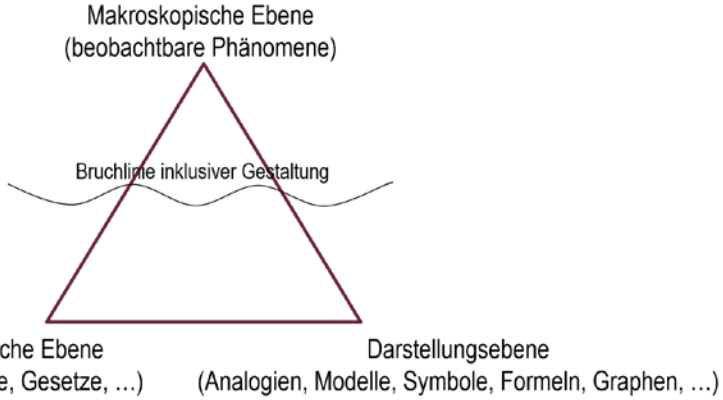


Abb. 1. Beschreibungs- und Erklärungsebenen der Naturwissenschaften (Johnstone, 2000)

Im Rahmen der Arbeit des NinU wurde ein etwas anderer Weg gewählt, um die Perspektive der inklusiven Pädagogik mit der der Naturwissenschaftsdidaktik zusammenzuführen und so eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle Schüler*innen zu denken (Stinken-Rösner et al.). Erstere bestimmt sich durch die UNESCO Definition, in der es um die Anerkennung von Diversität, das Erkennen und Minimieren von Barrieren und das Ermöglichen von Partizipation geht (UNESCO, 2009). Die naturwissenschaftsdidaktische Perspektive wird durch vier Ziele konkretisiert: im Rahmen naturwissenschaftliche Kontexte argumentieren, naturwissenschaftliche Inhalte lernen, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anwenden und über die Naturwissenschaften lernen (vgl. Hodson, 2014).
Im BMU Projekt FoodLabHome (03KF0103A) geht es zum Beispiel darum, wie Fragen der Nachhaltigkeit für alle Lernenden zugänglich gemacht und die Relevanz des Kontextes ‚Lebensmittelabfälle' verdeutlicht werden kann. Zielsetzung des Projekts ist es, eine innovative und partizipative Bildungsintervention im Sinne Forschenden Lernens zu entwickeln, die Schüler*innen ab der 9. Klasse aus dem allgemein- und berufsbildenden Schulbereich in die Lage versetzt, die Klimarelevanz von Lebensmittelabfällen in ihren Haushalten selbständig zu erforschen, wirksame Interventionsstrategien zu entwickeln, und dadurch messbare Lebensmittelabfallreduktionen zu erzielen, um so einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. In Haushalten entstehen die meisten Lebensmittelabfälle und das zweitmeiste Kohlenstoffdioxid im Vergleich zu Anbau, Transport, Verarbeitung und Vertrieb (Beretta, Stucki, & Hellweg, 2017). Gezeigt hat sich im ersten Durchgang mit den Lernenden, dass das Thema Lebensmittelabfälle eine Barriere für Schüler*innen darstellt. Sie setzen sich mit dem Thema wenig auseinander und verweigern die Teilnahme an den Abfallmessungen, so dass keine belastbaren Daten entstehen. Eine extreme Umstrukturierung im Sinne strukturierten Forschenden Lernens (vgl. Blanchard et al., 2010), die Betonung der Rolle als Forschende und des authentischen Kontextes sowie die Veranschaulichung der Klimarelevanz waren erforderlich. Denn wenn Lebensmittelverschwendung ein Land wäre, dann würde es die drittmeiste Menge an Treibhausgasen emittieren (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015).
In der Studie von Abels, Heidinger, Koliander und Plotz (2018) steht ein Chemieunterricht einer 8. Klasse an einer inklusiven Mittelschule (Jahrgang 5-8) im Fokus, in dem die Chemielehrperson versucht Partizipation beim Lernen des Gegenstandes ‚Atombau' zu ermöglichen. Fraglich ist, ob die Relevanz des Inhalts für alle Lernenden ersichtlich ist und ob es der Lehrperson möglich ist, den Inhalt für alle zugänglich zu machen. Mittels dokumentarischer Methode (Bohnsack, Nentwig-Gesemann, & Nohl, 2013; Bonnet, 2009) konnte der handlungsleitende Orientierungsrahmen der Chemielehrperson rekonstruiert werden: „Chemievermittlung soll in allen Phasen und unabhängig vom Unterrichtsziel nicht autoritär, sondern partizipativ sein" (Abels et al., 2018, S. 148). Auf einer sozialen Ebene gelingt dies der Lehrperson trotz des dominanten fragend-entwickelnden Diskurses, den sie mit den Schüler*innen führt. Auf einer fachlichen Ebene scheitert sie jedoch, da die Schüler*innen den Inhalt nicht ko-konstruieren können (ausführliche Darstellung der Analyse in ebd.). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Fallstudie von Braaten und Sheth (2016). Sie folgen für die inklusive Pädagogik der Definition von Banks et al. (2001, S. 197): "… instruction that provides all students with an equal opportunity to attain academic and social success in school". Dies kombinieren sie mit der Idee "ambitious science teaching" nach Windschitl et al. (Windschitl, Thompson, Braaten, & Stroupe, 2012). Die Fallstudie kommt zu dem Ergebnis, dass den Lernenden die Relevanz des Gegenstandes bedeutsam gemacht werden muss und Zugang zu disziplinären Ideen und Praktiken bestehen muss, alle Schüler*innen daran voll beteiligt und hohe Erwartungen an alle Lernenden gestellt werden müssen. Das Vorwissen und die sprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen müssen als Potentiale für den Unterricht gesehen werden. Um dies zu erreichen, müssen Lehrpersonen ihre tägliche Praxis beständig reflektieren (Braaten & Sheth, 2016).

Kompetenzorientierung zur Ermöglichung von Partizipation

Kompetenzorientierter, inklusiver Unterricht lässt sich durch eine hohe Motivierung erreichen (Frohn, 2019). Eine anregende und angstfreie Lehr-Lern-Atmosphäre, Erfolgszuversicht durch realistische, an Fähigkeiten angepasste Ziele, geeignete Methoden und Medien, positives Feedback und ein erhöhtes Maß an Partizipation erzeugen Motivierung. Partizipation wiederum wird „[e]rstens über die gestaltende Teilhabe aller Lernenden in Schule und Unterricht ohne Ausschluss, zweitens über Aspekte demokratischer Bildung und des Demokratie-Lernens, drittens über die Aktivierung der Schüler_innen und viertens über die Förderung ko-konstruktiver Lehr-Lern-Prozesse“ erreicht (Simon & Pech, 2018, o.S.). Dabei steht „nicht das Erreichen einen konkreten Lerninhaltes, sondern die an diesen Lerninhalten zu erwerbenden Kompetenzen im Blick“ (Reiners, Groß, Adesokan, & Schumacher, 2017, S. 159).

Die oben bereits erwähnte inklusive Mittelschule hat im Rahmen ihrer Schulentwicklung Richtung Inklusion entsprechende Formate wie z.B. das Forschende Lernen implementiert (Abels, 2015a). Dabei wird ein levelbasierter Ansatz verfolgt, der den Schüler*innen je nach ihren Bedarfen gleichzeitig unterschiedlich stark strukturiertes Lernen ermöglicht (Abels, 2015b). Die Ziele entsprechen den Zielen nach Hodson (2014). Auf dem Level mit dem höchsten Öffnungsgrad sind die Schüler*innen aufgefordert, inspiriert durch eine Lernlandschaft, eigene Fragestellungen zu einem vorgegebenen Oberthema zu wählen. Abels und Minnerop-Haeler (2016) betonen die Bedeutsamkeit der Lernbegleitung insbesondere in der Phase des Fragen Findens und Untersuchungen Planens, um allen Schüler*innen Partizipation beim offenen Forschenden Lernen zu ermöglichen. Inklusiver Fachunterricht kann im derzeitigen Schulsystem dann funktionieren, wenn ein Thema adaptiv im Fach vorbereitet wird, Interessen in Formaten wie Lernwerkstätten oder Lernbüros nachgegangen wird und dort gewonnene Erkenntnisse adaptiv nachbereitet werden im Fachunterricht (Abels, 2015b). Sich mit einem Objekt von Interesse auseinanderzusetzen, generiert positive Emotionen bei Personen. Erst aus vertieftem Wissen und erworbenen Kompetenzen kann sich als Konsequenz individuelles Interesse entwickeln, wie aktuelle Studien zeigen:

“We propose here that the arousal of situational interest is the mechanism that drives knowledge acquisition, whereas individual interest is the affective outcome of such learning. Knowledge acquired is what connects both. (…) Recognising that growing individual interest is a result of knowledge gain, it may in the end be more fruitful to examine how situational interest produces knowledge rather than concentrating research efforts on individual interest and pedagogical efforts to align school subjects to students’ individual interests” (Rotgans & Schmidt, 2017, S. 363).

Die konstruktive Unterstützung als eine von drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität ist zwar nicht signifikant mit der Leistung der Schüler*innen verknüpft, aber mit deren Interesse und einem angstfreien Lernen (Kunter & Trautwein). Lehrpersonen müssen die Chance erhalten, Lernbegleitungsstrategien zu erwerben und Erfahrungen in der Unterstützung der Schüler*innen zu sammeln und zu reflektieren. Hier setzt das bereits erwähnte BMBF Projekt Nawi-In an, in dem wir fragen, welche professionelle Kompetenzentwicklung für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht der Primar- bzw. Sekundarstufe sich bei Lehramtsstudierenden im Master feststellen lässt (Egger, Brauns, Sellin, Barth, & Abels, 2019). Im Rahmen von videostimulierter professioneller Unterrichtswahrnehmung (Seidel, Stürmer, Blomberg, Kobarg, & Schwindt, 2011) bedürfen die Studierenden einem hohen Maß an *Scaffolding*, um im Video Szenen auszumachen, die inklusive Momente naturwissenschaftlichen Unterrichts zeigen, der im Sinne Forschenden Lernens gestaltet ist. Diese Szenen auf Basis theoretischer Prinzipien als inklusiv zu begründen, fällt den Studierenden nach einem Vorbereitungsseminar und einem halbjährlichen Schulpraktikum

mit Begleitseminar deutlich leichter als zuvor. Die vollständigen Analysen hierzu stehen jedoch noch aus.

Kompetenzmessung als Hemmnis von Partizipation

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird zur Bewertung oder Leistungseinschätzung von Schüler*innen häufig mit Kompetenzstufenmodellen gearbeitet (Beispiel in Krüger & Meyfarth, 2009). Das dafür nötige Festlegen von Mindeststandards ist bedenklich, wenn Schüler*innen an diesen gemessen und bei Nicht-Erreichen exkludiert werden. Diese Herangehensweise ist defizitorientiert. Das Abzielen auf Vergleichbarkeit widerspricht der Idee von Individualisierung. Annedore Prengel befürwortet die Konzeption von Kompetenzrastern, die „den fachlichen Gehalt der zu erreichenden Kompetenzen, der anzueignenden Denkschritte und Wissensgehalte in ihrer aufeinander aufbauenden Struktur sprachlich konkret fassen“ (Prengel, 2017, S. 21). Simone Seitz argumentiert hingegen, dass Lernwege diskontinuierlich sind und „eine weit höhere Komplexität als stufige Muster“ (Seitz, 2006, S. 96) aufweisen. Grundsätzlich wird von einer Vereinbarkeit von inklusivem Unterricht und Leistungsstandards ausgegangen, problematisch ist jedoch, wenn der Leistungsbegriff dabei sehr eng gefasst wird (Ainscow, Booth, & Dyson, 2006) und dass sich fachliche Mindeststandards kaum formulieren lassen, die abbilden könnten, was jemand mindestens fachlich erreichen müsste. Nur richtungsweisende Kompetenzen könnten verbindlich ausgewiesen werden (Blaseio, 2011). Eine Formulierung von Mindeststandards müsste für jede Lerngruppe neu und individuell gefunden werden, um Exklusion zu vermeiden (vgl. Biewer, 2012). Meist weichen entsprechende Ansätze auf überfachliche Mindestanforderungen aus und sind dann eher allgemein- denn fachdidaktisch geprägt (Riegert, Sansour, & Musenberg, 2015). Sowohl kompetenzorientierter als auch inklusiver Unterricht werden zu häufig mit einer bestimmten methodischen Gestaltung gleichgesetzt, anstatt den Unterricht auf die Ziele und die Lernvoraussetzungen hin tatsächlich zu adaptieren. Das „Lernen am Gemeinsamen Gegenstand“ (Feuser, 2013) wird ad absurdum geführt, wenn manche Schüler*innen nur beim Ausmalen oder Basteln unterstützen.

„Demnach liegt die Antwort auf die Streitfrage, [ob fachliche Mindeststandards für den inklusiven Unterricht entwickelt werden sollten,] wohl nicht nur in der Formulierung fachlicher Kompetenzraster, sondern in einem breiten Fundus fachlich konkretisierter Entwicklungsmöglichkeiten und Aufgabenformate. Entsprechende Lernaufgaben, die weniger der Kontrolle, sondern vielmehr dem Kompetenzaufbau dienen, müssen ‚hinreichend komplex sein, damit sich die unterschiedlichen Lerntypen und Interessen verwirklichen können‘ (Möller, 2012, S. 18), was auch eine offene Wahl der Aufgaben und unterschiedliche Bearbeitungswege implizieren sollte“ (Frohn, 2019, S. 22).

Grundsätzlich sind Standards, wenn sie als prozesshafte Leitlinien verstanden werden, die Hinweise für Diagnostik und individuelle Förderung geben, durchaus mit inklusivem Unterricht vereinbar, der genau wie ein kompetenzorientierter Unterricht auf die umfassende Entwicklung von Schüler*innen abzielt. Bildungsstandards würden dann sogar das Schulsystem in die Pflicht nehmen, das so gestaltet werden muss, dass niemand hinter die Minimalanforderungen zurückfallen darf. „Bildungsstandards geben diesem Diskurs einen neuen Anlass, sie schaffen Raum für eine Auseinandersetzung, die die Verantwortung gerade für die Schwächsten ernst nimmt“ (Diedrich, 2018, S. 70). Die Diskussion um Standards und ihre Vereinbarkeit mit inklusivem Unterricht könnte das Ziel der Teilhabegerechtigkeit befördern.

Literatur

Abels, S. (2015a). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht in der Lernwerkstatt Donaustadt. In C. Siedenbiedel & C. Theurer (Eds.), Grundlagen inklusiver Bildung. Teil 1. Inklusive Unterrichtspraxis und -entwicklung (pp. 125–134). Immenhausen bei Kassel: Prolog.

Abels, S. (2015b). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Ed.), New developments in science education research (pp. 77–96). New York City: Nova.
Abels, S. (2019). Potentialorientierter Naturwissenschaftsunterricht. In M. Veber, R. Benölken, & M. Pfitzner (Eds.), Potentialorentierte Förderung in den Fachdidaktiken (pp. 61–78). Münster: Waxmann.
Abels, S., Heidinger, C., Koliander, B., & Plotz, T. (2018). Die Notwendigkeit der Verhandlung widersprüchlicher Anforderungen an das Lehren von Chemie an einer inklusiven Schule – Eine Fallstudie. Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, 7 (1-2018), 135–151.
Abels, S., & Minnerop-Haeler, L. (2016). Lernwerkstatt: An Inclusive Approach in Science Education. In S. Markic & S. Abels (Eds.), Science Education towards Inclusion (pp. 137–156). New York City: Nova Science Publishers.
Ainscow, M., Booth, T., & Dyson, A. (2006). Inclusion and the standards agenda: negotiating policy pressures in England. International Journal of Inclusive Education, 10 (4-5), 295–308.
Banks, J. A., Cookson, P., Gay, G., Hawley, W. D., Irvine, J. J., Nieto, S., . . . Stephan, W. G. (2001). Diversity within Unity: Essential Principles for Teaching and Learning in a Multicultural Society. Phi Delta Kappan, 83 (3), 196–203.
Beretta, C., Stucki, M., & Hellweg, S. (2017). Environmental Impacts and Hotspots of Food Losses: Value Chain Analysis of Swiss Food Consumption. Environmental Science & Technology, 51 (19), 11165–11173.
Biewer, G. (2012). Die neue Welt der Bildungsstandards und ihre erziehungswissenschaftliche Rezeption aus der Perspektive einer Inklusiven Pädagogik. Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete, 81 (1), 9–21.
Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. Science Education, 94 (4), 577–616.
Blaseio, B. (2011). Inklusives Sachlernen in den Grundschullehrplänen Deutschlands. In H. Giest, A. Kaiser, & C. Schomaker (Eds.), Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Vol. 21. Sachunterricht - auf dem Weg zur Inklusion (pp. 89–96). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (Eds.). (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung (3rd ed.). Wiesbaden: Springer.
Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung: ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. Zeitschrift für Qualitative Forschung, 10 (2), 219–240. Retrieved from http://nbnresolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-339871
Booth, T. (2014). Structuring Knowledge for All in the 21st Century. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Eds.), Fachdidaktik inklusiv: Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule (pp. 57–69). Münster: Waxmann.
Braaten, M., & Sheth, M. (2016). Tensions Teaching Science for Equity: Lessons Learned From the Case of Ms. Dawson. Science Education, 00 (0), 1–31.
Brauns, S., Egger, D., Sellin, K., Barth, M., & Abels, S. (in Vorb.). Prädiktoren gelungenen inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts – ein Review mit Fokus auf Lehrpersonenkompetenzen.
Diedrich, M. (2018). Bildungsstandards – Chancen, Grenzen und Perspektiven. In B. Jungkamp & M. John-Ohnesorg (Eds.), Können ohne Wissen? Bildungsstandards und Kompetenzorientierung in der Praxis (pp. 66–70). Berlin: Friedrich Ebert Stiftung.
Egger, D., Brauns, S., Sellin, K., Barth, M., & Abels, S. (2019, in Druck). Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Journal für Psychologie.
Feuser, G. (2013). Die "Kooperation am gemeinsamen Gegenstand". Behinderte Menschen. (3), o.S. Retrieved from http://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Essays/Menschen_mit_Behinderung/2013_Feuser_Kooperation_am_Gemeinsamen
Fink, A. (2009). Conducting Research Literature Reviews – From the Internet to Paper. California: Sage.
Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Food Wastage Footprint & Climate Change. Rome: FAO.
Frohn, J. (2019). Kompetenzorientierung und Inklusion – eine Zusammenführung auf Unterrichtsebene. HLZ, 2 (1), 15–38.
Gläser, J., & Laudel, G. (2010). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen (4th ed.). Wiesbaden: VS.
Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. International Journal of Science Education, 36 (15), 2534–2553.
Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1 (1), 9–15.

Klafki, W. (1995). Zum Problem der Inhalte des Lehrens und Lernens in der Schule aus derSicht kritisch-konstruktiver Didaktik. In S. Hopmann & K. Riquarts (Eds.), Didaktik und/oder Curriculum. Grundprobleme einer international vergleichenden Didaktik (pp. 91–102). Weinheim u.a.: Beltz.

Klafki, W. (1999). Schlüsselprobleme und Schlüsselqualifikationen. Schwerpunkte neuer Allgemeinbildung in einer demokratischen Kinder- und Jugendschule. In G. Hepp (Ed.), Schule in der Bürgergesellschaft. Demokratisches Lernen im Lebens- und Erfahrungsraum der Schule (pp. 30–49). Schwalbach, Taunus: Wochenschau Verlag.

Krüger, D., & Meyfarth, S. (2009). Binnen - kurzer Zeit - differenzieren! Naturwissenschaften im Unterricht Biologie, 33 (347/348), 2–10.

Kunter, M., & Trautwein, U. (Eds.). StandardWissenLehramt. Psychologie des Unterrichts. Stuttgart: UTB.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (pp. 800–803). Universität Regensburg. Retrieved from http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_800_Menthe.pdf

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (pp. 131–140). Stuttgart: Kohlhammer.

Musenberg, O., & Riegert, J. (2013). »Pharao geht immer!« – Die Vermittlung zwischen Sache und Subjekt als didaktische Herausforderung im inklusiven Geschichtsunterricht der Sekundarstufe. Eine explorative Interview-Studie. Zeitschrift für Inklusion. (4). Retrieved from http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/202/207

OECD (2016). Ländernotiz. PISA 2015 Ergebnisse. Retrieved from https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Germany-DEU.pdf

Prengel, A. (2017). Individualisierung in der „Caring Community“ – Zur inklusiven Verbesserung von Lernleistungen. In A. Textor, S. Grüter, I. Schiermeyer-Reichl, & B. Streese (Eds.), Leistung inklusive? Inklusion in der Leistungsgesellschaft (pp. 13–27). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Reiners, C., Groß, K., Adesokan, A., & Schumacher, A. (2017). Aktuelle Herausforderungen für den Chemieunterricht. In C. Reiners (Ed.), Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen (pp. 147–191). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Riegert, J., Sansour, T., & Musenberg, O. (2015). „Gemeinsame Sache machen“ – Didaktische Theoriebildung und die Modellierung von Gegenständen im inklusiven Unterricht. Sonderpädagogische Förderung heute, 60 (1), 9–23.

Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), Handbook of Research on Science Education (pp. 545–558). New York, NY: Routledge.

Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2017). The relation between individual interest and knowledge acquisition. British Educational Research Journal, 43 (2), 350–371. https://doi.org/10.1002/berj.3268

Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? Teaching and Teacher Education, 27, 259–267.

Seitz, S. (2006). Inklusive Didaktik: Die Frage nach dem 'Kern der Sache'. Zeitschrift für Inklusion. (1), o.S. Retrieved from http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/184/184

Sellin, K., Barth, M., & Abels, S. (2020, in Vorb.). Prädiktoren für gelungenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primar- und Sekundarstufe I: Eine Interviewstudie mit Lehrkräf-ten. In Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Ed.), Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Vol. 30. Brüche und Brücken – Übergänge im Kontext des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Simon, T., & Pech, D. (2018). Partizipation. Retrieved from http://www.hu-berlin.de/fdqi/glossar

Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., . . . Abels, S. Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. RISTAL, in review.

Stock, J. (1998). Delphi-Befragung 1996/1998 "Potentiale und Dimensionen der Wissensgesellschaft - Auswirkungen auf Bildungsprozesse und Bildungsstrukturen" / durchgeführt im Auftr. des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Vorgelegt von Prognos AG, Basel ; [3]: Integrierter Abschlußbericht : Zusammenfassung von Delphi I "Wissensdelphi" und Delphi II "Bildungsdelphi". Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Textor, M. (2018). Zukunftsorientierte Pädagogik: Erziehen und bilden für die Welt von morgen. Norderstedt: BoD.

UNESCO (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Retrieved from http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf

Vygotskij, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. MA: Harvard University Press.
Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 17, 601–623.
Windschitl, M., Thompson, J., Braaten, M., & Stroupe, D. (2012). Proposing a core set of instructional practices and tools for teachers of science. Science Education, 96 (5), 878–903.
Ziener, G. (2006). Bildungsstandards in der Praxis. Kompetenzorientiert unterrichten (1st ed.). Seelze-Velber: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.

Alexander Kauertz[1]
Maik Walpuski[2]
Jürgen Mayer[3]

[1] Universität Koblenz-Landau
[2] Universität Duisburg-Essen
[3] Universität Kassel

„Die Schülerinnen und Schüler können…“ – Der steinige Weg zur Beschreibung und Förderung fachlicher Kompetenz

Die Beschreibung und Förderung fachlicher Kompetenz von Schülerinnen und Schülern erfordert die Einbindung zahlreicher Ebenen des Schulsystems: Die Ebene der Bildungsforschung und Fachdidaktik, die Ebene der Bildungsadministration, die Ebene der schulischen Praxis, die Ebene der Lehrerbildung etc. In diesem Beitrag werden diese Ebenen beleuchtet und es wird vor allem die Kritik, mit der sich Kompetenzorientierung auseinandersetzen muss, genutzt, um auf der Ebene der Fachdidaktik Desiderate und Potenziale aufzuzeigen. Als Beispiel soll dafür das ESNaS-Projekt dienen, das zur Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I durchgeführt wurde.

Die genannten Ebenen fließen seit vielen Jahren exemplarisch in Arbeitsgruppen und Kommissionen am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen zusammen. Dort verschmelzen die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus Kompetenzmodellierung und -diagnose mit politischen und schulischen Anforderungen. Das Ergebnis sind Bildungsstandards, die von den Ländern anschließend in Kerncurricula umgesetzt werden, Tests, die für die Bildungssteuerung der Länder relevant sind und Aufgabenbeispiele, die für Lehrkräfte illustrieren sollen, wie diese Standards und Kompetenzen im Unterricht wirksam werden.

Diese Informationen werden dann von den Landesministerien, Schulen und Lehrkräften interpretiert und in Unterricht umgesetzt. In diesen Prozess waren im Rahmen des ESNaS-Projekts bei dem die Standards für die Sekundarstufe I evaluiert viele Beteiligte aus den verschiedenen Ebenen eingebunden: Je Fach eine Gruppe von Lehrkräften und die Fachdidaktik sowie fächerübergreifend eine psychometrische Beratung, die Steuerungsgruppe der KMK, die Leitung des IQB, und im Rahmen einer Anhörung auch verschiedene Verbände. Bei vielen Gelegenheiten wurden so Prozesse, Aufgaben und Beschreibungen, die sich auf naturwissenschaftliche Kompetenz beziehen verändert und angepasst. Die Diskussionen zwischen den drei Fachgruppen Biologie, Chemie und Physik waren für die Überlegungen zur Beschreibung von Kompetenz prägend, da daraus zu erkennen war, an welchen Stellen etwas gemeinschaftlich Naturwissenschaftliches in der Kompetenz enthalten ist und an welchen Stellen es einer fachspezifischen Beschreibung und Ausschärfung bedurfte. Aktuell findet die Entwicklung der Standards für die Allgemeine Hochschulreife in den drei naturwissenschaftlichen Fächern statt, die analog organisiert ist und von den Erfahrungen aus dem ESNaS-Projekt und der Implementation der Standards in der Sekundarstufe I geprägt wird. Es ist also ein langer Weg von wissenschaftlichen Erkenntnissen über Kompetenzstrukturen und -entwicklungen über Bildungsstandards in den Unterricht. Dabei gehen auch bisweilen Ausschärfungen und Details fachdidaktischer Erkenntnisse bei der Konstruktion und Interpretation von Tests oder der Gestaltung von Unterricht verloren oder werden pragmatisch angepasst, so nicht immer sicher zu entscheiden ist, ob das, was dort als Kompetenzorientierung passiert, wirklich im Sinne fachdidaktischer Modelle und Befunde ist.

Kompetenzorientierung von Unterricht erfährt insgesamt viel Kritik. Tillmann hat diese 2017 umfassender systematisiert und im gemeinsam mit Jürgen Baumert herausgegebenen Themenheft in der ZfE von verschiedenen Autoren diskutiert (Baumer & Tillman, 2017).

Kernpunkt dabei ist das Selbstverständnis der Bildungsforschung, das Tillmann so sieht: "Konstitutiv für Bildungsforschung sind [..] zum einen der empirische Zugriff und zum anderen der Bezug zum Bildungssystem" (Tillmann, 2017, S. 6). Entsprechend behandelt das Themenheft die Kritik vor allem unter den Blickwinkeln des Bildungssystems, also (1.) bildungstheoretisch, (2.) disziplinpolitisch, (3.) steuerungstheoretisch oder (4.) schulpädagogisch“ (Tillmann, 2017, S. 6). Interessanterweise fehlt eine fachdidaktische Diskussion. Denn die Kritik an der Kompetenzorientierung bezieht sich nicht nur auf die von Tillmann aufgeworfenen Blickwinkel, sondern sie strahlt aus in die Frage, wie Unterricht und Unterrichtsziele aussehen – eben der kompetenzorientierte Unterricht. Und da wird insbesondere in den naturwissenschaftlich-mathematischen Fächern die Frage diskutiert, ob die Grundprinzipien der Fachlichkeit und der Didaktik bei der Kompetenzorientierung zugunsten einem eher allgemeinen Training von Problemlösefähigkeiten aufgeben werden etc.

Gerade im Hinblick auf diese Kritik ist zu unterscheiden, was wissenschaftlicher Diskurs zur Weiterentwicklung fachdidaktischer Kompetenzmodelle und entsprechender Verfahren zur Beobachtung bzw. Diagnose ist und was Kritik an der Umsetzung einer Kompetenzorientierung im Unterricht oder in Tests ist. Die "großen" Bildungsforschungsperspektiven sind nicht losgelöst von Fragen, die uns als Fachdidaktiken beschäftigen. Die Verbindung von Bildungsforschung im Tillmann‘schen Sinne als Wissenschaft mit Blick auf das System und Fachdidaktik mit Blick auf Unterricht wird besonders am IQB auch deshalb intensiviert, weil sich Unterricht und das System, das ihn möglich macht, nicht dauerhaft getrennt betrachten lassen.

Diese Unterscheidung zwischen Wissenschaft und Umsetzung gilt es aufzugreifen, vor allem aber gilt es ausgehend von der Kritik aufzuzeigen, was die fachdidaktische Idee der Kompetenzorientierung ist und zu diskutieren, inwieweit die bisherige fachdidaktische Forschung diesen Anspruch einlöst und wie Fragen von Fachlichkeit im kompetenzorientierten Unterricht der Zukunft beantwortet werden könnten.

Tatsächlich ist es nicht einfach, die Kritik an der fachdidaktischen Komponente einer Kompetenzorientierung konkret zu fassen, da eine kritische Diskussion sich nur wenig in einschlägigen Fachzeitschriften widerspiegelt - als Beispiele seien der publizierte Briefwechsel zwischen Horst Schecker und Hans Fischer in der ZfDN (Labudde et al., 2009) oder Beiträge von Bandelt und Wiechmann aus der ZfDNM (Bandelt & Wiechmann, 2017) genannt. Der grundsätzlichere Teil der Kritik wird außerhalb der Fachdidaktik verhandelt, etwa in schulnahen Zeitschriften, zum Teil auch in den pädagogischen Journals und auch als Zuspitzung oder Polemik in den allgemeinen Medien. Eine fachdidaktische Auseinandersetzung mit dieser Kritik ist daher umso notwendiger, damit der Anspruch der Fachdidaktik anschlussfähig an die schulische Wirklichkeit zu bleiben auch in der Forschung zur Kompetenz erhalten bleiben kann und die Fachdidaktik zum kritischen Diskurs konstruktiv beitragen kann.

Fasst man die wesentlichen Punkte dieser außerfachdidaktischen Kritik zusammen, so ergeben sich zwei Thesen, zu denen jeweils eine fachdidaktische Gegenthese aufgestellt werden kann. Aus der Verhandlung von These und Gegenthese lassen sich dann Desiderate für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung ableiten.

Die erste These lautet: Die Kompetenzentwicklung drängt den Wissensaufbau in den Hintergrund und reduziert daher die Fachlichkeit.

Zwar scheint diese These auf den ersten Blick einleuchtend, denn Zeit im Unterricht ist eine begrenzte Ressource und jede Ergänzung im Unterricht erfordert die Streichung von etwas anderem. Aber die Prämisse, dass Kompetenz erstmal nichts Fachliches ist und daher eine Ergänzung zu den Inhalten, passt nicht zu dem von Weinert oder dem in der Klieme-Expertise vorgeschlagenen Kompetenzbegriff. Im Titel dieses Beitrags wird mit dem Zusatz "fachlich" angedeutet, dass es bei einer fachdidaktischen Auffassung von Kompetenz nicht darum geht, beliebige Fähigkeiten und Fertigkeiten in den Blick zu nehmen, sondern einen Bezug zu den nachturwissenschaftlichen Fächern herzustellen und aufzuzeigen, dass es Fähigkeiten sind, die mit den typischen und spezifischen Aktivitäten im Rahmen fachlichen Arbeitens notwendig verknüpft sind. Die zweite Prämisse der These ist die Unvereinbarkeit von Wissen und Kompetenz, die in der Annahme steckt, dass man entweder das eine oder das andere zu einem Zeitpunkt fördern könne.

Dieser These steht aus fachdidaktischer Sicht die These entgegen, dass in Kompetenz Wissen und Fähigkeiten miteinander verwoben oder verschmolzen sind, Kompetenz ohne Wissen daher nicht denkbar ist und Wissen ohne Kompetenz nicht wirksam wird, z. B. beim Problemlösen. Viele Modelle weisen dem Fachwissen eine eigene Dimension, Facette oder Kategorie zu. Die Verwobenheit bedeutet dann zunächst nur, dass „Fachwissen“ ein Merkmal einer Aufgabe ist, die in dieses Modell eingeordnet werden kann. Es sagt aber nichts Genaues darüber aus, wie dieses Wissen in der Aufgabe zum Tragen kommt.

Dabei erfährt die Frage, was Fachwissen eigentlich ist, bzw. wie es organisiert ist, erstaunlich wenig Aufmerksamkeit. Zwar wird das jeweilige fachliche Thema in jeder fachdidaktischen Arbeit angegeben, es wird aufgelistet was beim Professionswissen von Lehrkräften beispielsweise zum Fachwissen zählt und es gibt Hinweise darauf, dass viele Befunde themenspezifisch betrachtet werden müssen. Doch oft wird dabei ein Speichermodell von Wissen impliziert, bei dem auf Erlerntes durch Erinnern wieder zugegriffen wird. Anschließend soll dieses Wissen dann vollständig verfügbar sein. Dieser Speicher ist in einem Netzwerk aus Wissenselementen organisiert, in dem Begriffe durch Zusammenhänge verbunden sind und in den elaborierteren Modellen zu Konzepten gebündelt werden. Legt man dieses Speichermodell zu Grunde, dann wird bei der Bearbeitung einer Kompetenzaufgabe zunächst das gesamte nötige Wissen erinnert, also Wissenselemente werden aktiviert und im Netzwerk ggf. weitere Elemente eingebunden, bevor dann die Fähigkeit realisiert und ausgeübt wird. Wissenslücken führen dadurch fast notwendigerweise zu einer unvollständigen oder falschen Lösung. Ist das Wissen da, kann damit gearbeitet werden, d.h. es kann von der Fähigkeit weiterverarbeitet werden, wie ein Zahlenwert, den man in eine Funktion einsetzt. Dabei wäre aber anzunehmen, dass es ein viel komplexeres, iteratives Wechselspiel zwischen dem Wissen, dem Lösungsprozess und der Fähigkeit gibt. Dazu ist zunächst näher zu beschreiben, was eigentlich unter Fähigkeiten verstanden werden soll.

Der Begriff Fähigkeiten wird in der Literatur sehr unterschiedlich gebraucht. Boulanger (1981) beschreibt den Begriff der „ability“ eher unter einer messmethodischen Perspektive. Aus anderen fachdidaktischen Veröffentlichungen ergibt sich Eindruck, dass Fähigkeit meist verstanden wird als erlernbares, entwickelbares kognitives Merkmal einer Person, das durch Lernprozesse veränderbar ist und ihr Handeln in (naturwissenschaftlichen) Situationen bestimmt, oder als “Denkhandlung” einer Person, mit der sie Prozesse initiieren und steuern kann. Zentral erscheint dabei, dass Fähigkeiten entwickelbar sind, so dass sie durch Lernen weiterentwickelt werden können und dass sie auf Prozesse und Abläufe bezogen sind, die in Schritte oder Entscheidungsfolgen zerlegt werden können. Diese Schritte bzw. Entscheidungen charakterisieren, wie die Fähigkeit erfolgreich bei der Aufgabenbearbeitung eingesetzt wird, wo mögliche Barriere sind oder Unterstützung notwendig ist. Sie geben auch

Hinweise darauf, wie eine Fähigkeit im Handeln oder in Äußerungen einer Person erkannt werden kann, so dass Prozessanalysen möglich werden.

Aus psychologischer Sicht sind Fähigkeiten nicht an ein bestimmtes Fach gebunden. Performanz, also die gezeigte Leistung, ergibt sich unter Berücksichtigung vieler weiterer Einflüsse als Mischung grundlegender Fähigkeiten, die auf einen fachlichen Kontext bezogen werden, wie es etwa das Munich Model of Giftedness von Heller, Perleth und Lim beschreibt (Heller, Perleth & Lim, 2005). Intellektuelle, kreative, soziale, praktische, motorische Fähigkeiten werden darin spezifiziert, die dann in verschiedenen Performanzbereichen wirksam werden und von den nicht-kognitiven Faktoren und den Umweltfaktoren moderiert werden. Wissen ist ein impliziter Teil der Performanzbereiche und das Wechselspiel aus fachlichem Wissen innerhalb eines Bereichs und den Fähigkeiten wird nicht näher spezifiziert. Das Modell ist dennoch auch fachdidaktisch interessant, weil es die Vielfalt und Komplexität der Wechselbeziehungen aufzeigt.

Ein fachliches Beispiel hierzu wäre etwa das Wissen über Variablen, die für das Wachstum von Pflanzen relevant sind, und die Fähigkeit, diese dann zu einer Hypothese zu verarbeiten. Die Kenntnis möglicher Variablen kann und wird aus dem biologischen Wissen einer Person kommen, die Fähigkeit eine Hypothese aufzustellen ist sicher mit fachlichen Arbeitsweisen verbunden. An dem Beispiel wird deutlich, dass es noch andere Wissenselemente gibt, die verfügbar sein müssen, z. B. Wissen darüber, was in der Biologie als Hypothese bezeichnet wird (vgl. v. Aufschnaiter & Hofmann, 2014). Zusätzlich spielen auch Wissen über Satzbau, Grammatik und deutsche Vokabular eine Rolle. Als Umwelteinflüsse kommt das Wissen über Erwartungen der Lehrperson an die Art oder den Umfang der Antwort, Effekte der Peers und des sozialen Umfelds hinzu. Kompetenzorientierung im Unterricht ist daher nicht nur vom Fachwissen abhängig, sondern wird von zahlreichen weiteren Effekten bestimmt.

Hinzu kommt in diesem Beispiel zumindest das Problem, dass das Fachwissen, also die Kenntnis der Variablen, auch einfach geraten werden kann oder aus dem alltagsweltlichen Wissen der Lernenden stammen kann, also auch ohne Biologieunterricht verfügbar wäre. Wird nun das Aufstellen einer Hypothese auch noch wie oben beschrieben in verschiedene Schritte und Entscheidungen zerlegt und diese Schritte auswendig gelernt und trainiert, dann kann der Prozess eine Hypothese aufzustellen so mechanistisch und steril sein, dass es tatsächlich eher einer sprachlichen Übung in Satzbau ähnelt als dem, was Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler tun. Mit entsprechenden schematisch stark ähnlichen Testaufgaben könnte der Eindruck entstehen, dass dies mit Kompetenzorientierung gemeint ist.

Eine analytische Zerlegung eines Gegenstandes – wie etwa der Fähigkeit, eine Hypothese aufzustellen – ist jedoch nicht gleichzusetzen mit dem Erlernen dieser Fähigkeit im Unterricht. Zudem muss zwischen (wissenschaftlichen) Leistungsmessungen und Lernaufgaben unterschieden werden. Natürlich liegen einer Hypothesenbildung bestimmte Prinzipien zu Grunde, die man auch als Schema bestimmter Schritte entwickeln kann, doch um der Rolle von Hypothesen im Erkenntnisprozess gerecht zu werden, gehört noch sehr viel mehr Information dazu. Diese Information ist ein Meta-Wissen über die Naturwissenschaft, in der die Hypothese gebildet wird. Welche Ziele verfolgen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Disziplin? Welche Art von Erkenntnis wird angestrebt? Wie wird diese Erkenntnis, die Hypothese und das Ergebnis des aus ihr entwickelten Experiments in der sozialen Gemeinschaft der Forschenden später verhandelt? Entsprechend müssen kompetenzorientierte Aufgaben zum Lernen all diese Aspekte integrieren und lernlogisch verknüpfen. Testaufgaben dagegen fokussieren auf bestimmte Ausschnitte, entweder um Modelle zu prüfen oder um Förder- und Entwicklungsbedarf aufzuzeigen. Zum Erlernen der

Fähigkeit Hypothesen aufzustellen, werden daher Fragen mitdiskutiert, die den Bereich der nature of science (NoS) betreffen. Diese NOS-Aspekte kommen auch in Kompetenztests vor - aber in anderen Aufgaben als denen, in denen das Schema getestet wird. Wir brauchen also für das Testen ein Modell, das Fähigkeiten zum Experimentieren und NoS-Aspekte später wieder sinnvoll zusammenbringt.

Bisherige Untersuchungen zur Beziehung zwischen verschiedenen Kompetenzbereichen oder feineren Strukturierungen basieren auf theoretischen Annahmen über deklaratives und prozedurales Wissens (z. B. Wellnitz & Mayer, 2008, Kauertz et al., 2010, Walpuski, Ropohl & Sumfleth, 2011, Kampa, 2012). Es zeigen sich dabei überwiegend hohe Zusammenhänge zwischen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung, wenn in den bisherigen Modellen die geteilte Varianz analysiert wird, um Aussagen über die Validität der Dimensionen zu zeigen. Viele Analysen betrachten hier (latente) Korrelationen, es fehlt allerdings hierbei an der theoretischen Fundierung, wie die verschiedenen Dimensionen im Prozess miteinander wechselwirken. Das Rahmenkonzept von Mayer (2017, S.178) zur Erkenntnisgewinnung kann hierzu ideenleitend sein.

Es ergeben sich so auch neue Fragen bzw. ein neuer Blick auf bekannte didaktische Fragen. Etwa, inwiefern Lernende in der Lage sind, Abweichungen vom vorgesehenen Experimentablauf, z. B. ungenau abgemessene Mengen, zu erkennen und die Konsequenzen auf das Ergebnis abzuschätzen. Was zunächst rein als manuelle Tätigkeit erscheint, macht Wissen darüber nötig, wie Größen zusammenhängen und auf das Experimentierergebnis wirken. Fachdidaktisch ist dabei etwa interessant, unter welchen Umständen solches Wissen aktiviert wird (vgl. Haag, Scheid, Löffler & Kauertz, in dieser Veröffentlichung).

Wie diese Untersuchungen zeigen, ist das Verhältnisses von Wissen zur Kompetenz also nicht allein davon bestimmt, dass Wissen zu Beginn aktiviert wird und dann genutzt wird. Vielmehr kommt es während der Verarbeitung des Fachwissens zu weiterer Aktivierung von Wissen. Die vorhin genutzte Analogie zum Einsetzen von Werten in eine Funktion passt dazu nicht. Denn bei der Verarbeitung des erinnerten Wissens wird weiteres Wissen erinnert, ggf. neue Zusammenhänge vielleicht sogar fälschlich geknüpft oder die Richtung, in die inhaltlich weitergedacht wird, ist nicht zielführend. Das steuert ebenfalls, wie die Lösungs- und Bearbeitungsprozesse ablaufen. Fachdidaktisch interessant ist daher die Frage, was Anlässe und Ereignisse, bei denen Lernende oder Getestete weiteres Wissen aktivieren oder generieren sind. Welches Wissen ist das und wovon hängt es ab, in welche Richtung weitergedacht wird? Wie kann man dies durch Aufgaben oder Hilfestellungen beeinflussen?
Ausgangspunkt entsprechender theoretischer Überlegungen könnten die in der Kognitionspsychologie beschriebenen Prozess von Experten und Novizen sein, da Experten ihr Wissen anders organisieren als Novizen und dadurch flexibler sind in dessen Anwendung. Plötzner und Kollegen haben bereits 1999 zeigen können, dass nicht nur Experten, sondern auch 10-Klässler in Physik flexibel mit ihrem Wissen beim Problemlösen umgehen können (Plötzner et al, 1999). Vor allem lösten sie Probleme besser, wenn sie Mechanik stärker qualitativ gelernt haben.

Wenn Kompetenz also nicht allein bedeutet, erinnertes Wissen in einer Situation passend in die Schritte und Entscheidungen, die eine Fähigkeit ausmachen, zu integrieren, sondern die Aktivierung weiteren Wissens und die Generierung weiteren Wissens in einer Situation ein Merkmal kompetenter Personen ist, muss die Modellierung fachlicher Kompetenz die Frage beantworten, wie Wissen und Fähigkeit zusammenspielen. So könnte die Kompetenz, physikbezogenen Beschreibens so modelliert werden, dass eine (physikalisch angemessene) Beschreibung als Kommunikationssituation aufgefasst wird, bei der Wissen sowohl ein Teil

des Kommunikats ist, also dessen, was inhaltlich transportiert werden soll, als auch ein Match zwischen dem Wissen des Senders und des Empfängers hergestellt werden muss (Gierl, Löffler & Kauertz, 2016). Dieser Match basiert vor allem auf einer plausiblen und von beiden Seiten akzeptierten Struktur des Wissens, die wiederum vom Meta-Wissen über die Fachwissenschaft bestimmt wird.

Dieses Wechselspiel aus Wissen und Fähigkeit erfordert also ein dynamisches Modell von Fachwissen. Auch die Tatsache, dass die Korrelation zwischen Kompetenztestergebnissen und Tests, in denen deklaratives Begriffs- oder Zusammenhangswissen abgefragt wird, meist nicht nahe 1 ist zeigt, dass trotz im Detail möglicherweise unvollständigen Wissens eine Kompetenzaufgabe sinnvoll und richtig gelöst werden kann oder trotz hohem Fachwissen eine Kompetenzaufgabe nicht gelöst wird. Das spricht dafür, dass das Speichermodell für die Beschreibung der Wissensanteile bei der Kompetenz Schwächen hat. Bekannt ist auch, dass das Gehirn eine hohe Plastizität hat und sich während der Problemlösung umorganisiert, was ebenfalls nicht zum Speichermodell passt.

Fachdidaktisch ist also zu klären, wie bei der Lösung von Problemen und kompetenzorientierten Aufgaben auf das bereits gelernte Wissen zurückgegriffen wird, wie die Bearbeitung von diesen Zugriffen abhängt und dabei evtl. sogar gleichzeitig das Wissen und seine Struktur verändert werden. Denn Lernende bauen Kompetenzen in bestimmten Lernsituationen auf und sollen diese Kompetenz in einer anderen Situation zeigen. Es handelt sich also um ein Transferproblem und der damit eng verbundenen Frage nach trägem Wissen. Durch die Ergebnisse der Transferforschung lässt sich also begründen, wie kompetenzorientierter Unterricht gestaltet sein muss, damit nicht nur ein Übertrag von Wissen gelingt, sondern auch an einem Gegenstand erworbene Fähigkeiten auf einen anderen übertragen und somit generalisiert werden können. Diese Generalisierung von Fähigkeiten, die für fachliches Arbeiten, Problemlösen und Aufgabenbearbeiten nötig sind, und deren Übertragung auf andere Situationen ist Teil des fachdidaktischen Kompetenzverständnisses und erfordert ein Verständnis der Rolle von Fachwissen für Kompetenz.

Zusammenfassend lässt sich daher für das erste Thesenpaar folgende Erwartungen an fachdidaktische Erkenntnisse festhalten:
- Wir haben aktuell ein eher statisches Speichermodell von Wissen. Wir brauchen aber ein u. a. fachdidaktisch begründetes Wissensmodell, das das Wechselspiel aus Abrufen, Anwenden und Transferieren im Zusammenhang mit Kompetenz beschreibt.
- Wir betrachten Kompetenz analytisch in verschiedenen Bereichen. Wir müssen aber (auch) herausfinden, wie das Zusammenspiel verschiedener Dimensionen, z. B. von prototypischen, ggf. schematisierten Abläufen der Erkenntnisgewinnung und NOS, in Unterricht und Tests aussehen könnte.

Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit sowohl das Wechselspiel zwischen Lerngelegenheiten und Testsituationen in den Blick zu nehmen als auch ein Fokus auf Lern- und Aufgabenbearbeitungsprozesse.

Zum Wechselspiel von Lerngelegenheiten und Testsituation haben Nehring et al. (2016) untersucht, wie sich im Biologie- und Chemieunterricht Lerngelegenheiten für die verschiedenen Teildimensionen der Erkenntnisgewinnung finden lassen. Sie kommen zu dem Schluss, dass der Unterricht im Allgemeinen nicht breit genug auf die Erkenntnisgewinnung vorbereitet, selbst wenn er vordergründig darauf ausgerichtet ist. Die Lernenden müssen daher bei den standardisierten Leistungstests aktuell hauptsächlich ihre kognitiven Ressourcen nutzen. Es ist daher also auch für die Unterrichtspraxis eine wesentliche Frage, wie sich solche

Teilkompetenzen, Fachwissen, unterrichtliche Angebote und kognitive Bedingungen wechselseitig beeinflussen und wie darauf Einfluss genommen werden kann.

Ein stärkerer Fokus auf die Prozesse von Aufgabenbearbeitung, Problemlösen, Experimentieren etc. kann dazu beitragen zu klären, wie durch kompetenzorientierten Unterricht der Wissensaufbau sogar begünstigen werden kann. Der Prozess muss dafür dahingehend analysiert werden, wie die Lernenden Wissen anwenden, produzieren und mit ihren Fähigkeiten verknüpfen.

Solche Untersuchungen haben bereits eine längere Tradition, z. B. wenn Schülerinnen und Schüler beim Argumentieren gefilmt werden und analysiert wird, wie ihre Ideen entstehen und in die Koproduktion eines Ergebnisses einfließen (Riemeier et al., 2012). Für Lernprozessanalysen stellen Lernprozessgrafiken (Walpuski & Sumfleth, 2009) ein hilfreiches Tool dar, um zu visualisieren und auszuwerten, wie Lernende in Kleingruppenarbeit beim Experimentieren Hypothesen, Experimentdurchführungen und Schlussfolgerungen aufeinander beziehen - und sich dieses Wechselspiel durch Interventionen verändert (Walpuski & Schulz, 2011). Hiermit kann neben der Prozessanalyse, um das Wechselspiel aus Fachwissen und Fähigkeit zu untersuchen, auch die Verbindung zu Tests hergestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass Lernende, die hohe Kompetenz im ESNaS-Test zeigten, auch gemäß der Lernprozessgrafiken erfolgreicher experimentierten und mehr lernten (Knobloch, Sumfleth & Walpuski, 2013).

Um die Rolle des Fachwissens zu klären, können dann Interventionen durchgeführt werden, bei denen gezielt bestimmtes, für die Aufgabe relevantes Wissen, aufgebaut wird (Schad, et al., 2017) oder durch Variation von Aufgabenmerkmalen die Aktivierung bestimmter Wissenselemente begünstigt oder erschwert wird (Löffler, 2016). Zeigen sich dann Änderungen in den einzelnen Schritten oder Entscheidungen bei der Bearbeitung, liefert dies Hinweise auf die Rolle des Wissens für die jeweilige Fähigkeit.

Um der eingangs in der ersten These zusammengefassten Kritik fachdidaktisch begegnen zu können, braucht es also ein Modell für Wissen, ein Modell für das Zusammenspiel verschiedener Kompetenzbereiche sowie methodisch einen Fokus auf Prozessanalysen und den Zusammenhang von Lerngelegenheiten und Tests. Sowohl für die Modelle wie auch den methodischen Ansatz gibt es wie oben gezeigt bereits eine gute fachdidaktische Ausgangsbasis.

Die zweite These subsummiert die Kritik, die zwar zunächst weniger fachdidaktisch wirkt, da sie sich nicht unmittelbar auf die Gestaltung von Aufgaben bezieht, aber zu der aus fachdidaktischer Sicht dennoch Beiträge denkbar sind.

Die zweite These lautet:
Der Kompetenzbegriff ist theoretisch unzureichend geschärft und reduziert Bildung auf das Messbare und ökonomisch Gewünschte.

Zum einen betrifft diese Kritik das theoretische Fundament der Kompetenz, zum anderen den Effekt, den der Begriff auf die Bildungspraxis hat. Hier lautet die Prämisse, dass es zwischen Kompetenz und Bildung ein gleichrangiges Verhältnis gibt. Ein anderer Aspekt, der hier zum Tragen kommt, ist eine unterschiedliche wissenschaftliche Kultur zwischen normativen Wissenschaften einerseits, die den Bildungsbegriff diskutieren und ausleuchten ohne direkte praktische Konsequenzen im Hinblick auf ihre Wirkung beurteilen zu wollen, und einem empirischen Ansatz, der notwendigerweise reduktionistisch und pragmatisch ist, sich dessen

aber bewusst sein sollte und keinen Anspruch erheben will, dass es neben dem Gemessen nichts weiter Relevantes gibt. Neben dem Verhältnis von Bildung zu Kompetenz und der Frage der Reduktion auf das Messbare ist der Aspekt der Ökonomie ein nicht unwichtiges Argument. Kompetenzen sind durch die PISA-Studie der OECD stärker in die gesellschaftliche Debatte eingebracht worden. Da die OECD eine Organisation ist, die der Förderung der globalen (wirtschaftlichen) Zusammenarbeit dient, wird in der Kritik oft die Sorge deutlich, dass Kompetenz ein Merkmal der Human Ressources sei, dessen Steigerung zu besserem wirtschaftlichem Wachstum beiträgt. Diese Sicht erfordert dann das Messen von Bildung, um im Regelkreislauf das Wachstum kontrollieren und durch geeignete Maßnahmen effizienter zu machen. Geeignet sind Maßnahmen dann, wenn sie einen messbaren Outcome haben - oder umgekehrt: Kann es nicht gemessen werden, wird es nicht (gezielt) gefördert. Die Möglichkeiten mit ökonomisch geprägtem Denken Ziele - insbesondere im gesellschaftlichen Bereich - erreichen zu können sind, wie viele Beispiele zeigen, sehr begrenzt. Daher ist die Sorge durchaus berechtigt.

Es ergeben sich daher verschiedene Erwartungen an die Kompetenz: die Kompetenzmodelle, Kompetenzförderung und Kompetenzdiagnostik müssen fachlich ausgestaltet und aus der Fachdidaktik heraus fundiert sein, die normativen Grundlagen der Beschreibung von Bildung müssen berücksichtigt werden, die Vorteile der Messbarmachung genutzt aber die Interpretation der Ergebnisse in einen angemessenen Rahmen gestellt werden.

Fachdidaktisch kann daher der kritischen These die These entgegengestellt werden: Naturwissenschaftliche Kompetenz ist eine sich entwickelnde fachdidaktische Theorie aus der sich pragmatische Beschreibungen bestimmter Facetten fachlicher Bildung für bestimmte Zwecke ableiten lassen.

Das ESNaS-Kompetenzmodell (Kauertz et al., 2010) als ein Beispiel für Kompetenzmodelle ist im Auftrag der KMK unter Leitung des IQB durch Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker entwickelt, theoretisch diskutiert und empirisch untersucht worden. Mit seinen drei Dimensionen Komplexität, kognitive Prozesse und Kompetenzbereichen hat es die Funktion, die fachlich-kognitiven Fähigkeiten der Lernenden am Ende der Sekundarstufe für die Bildungssteuerung der KMK zu beschreiben und unterschiedliche Fähigkeitsstände zu charakterisieren. Das ESNaS-Modell beschreibt dabei nicht die naturwissenschaftliche Kompetenz in einem Fach am Ende der Sek I, sondern charakterisiert ein Kontinuum bei dem nur die höheren Ausprägung eine naturwissenschaftliche Kompetenz ausdrücken. Die unteren Ausprägungen sind nicht vollausgeprägte Kompetenzen, die aber im Rahmen eines Bildungsmonitorings ebenfalls erfasst werden müssen, um ggf. auch entsprechende fachdidaktische Maßnahmen daraus ableiten zu können. Wenn sich im Bereich der Erkenntnisgewinnung zeigt, dass höhere Komplexitätsniveaus selten erreicht werden, wäre beispielsweise zu überlegen, ob der naturwissenschaftliche Unterricht darauf besser vorbereiten könnte. Hieran zeigt sich ein Aspekt der Verzahnung von Bildungsforschung und Fachdidaktik.

Das ESNaS-Modell diente hauptsächlich dafür, Aufgaben zu entwickeln, die eine hinreichend große Systematik aufwiesen, dass sie gut skalierbar sind, und dass sich zumindest wie gerade beschrieben grobe fachdidaktische Schlüsse für mögliche Entwicklungsziele von Unterricht aus den Ergebnissen ziehen lassen. Es ist nicht geeignet, kompetenzorientierten Unterricht zu beschreiben oder konkret zu sagen, wie Kompetenzen entwickelt werden können.

Im Sinne der von Schecker und Parchmann beschriebenen Unterscheidung in Strukturmodelle und Entwicklungsmodelle stellt das ESNaS-Modell ein Strukturmodell für ein sogenanntes

Large-Scale-Assessment dar (Schecker & Parchmann, 2006). Neumann und Kollegen haben darauf aufbauend ein Entwicklungsmodell für Kompetenz vorgestellt, das Kompetenzentwicklung im Bereich der Energiekonzepts in der Physik beschreibt (Neumann, Viering, & Fischer, 2010).

Es gibt viele weitere Beispiele für Kompetenzmodelle, die empirisch untersucht sind, etwa das so genannte Bremen-Oldenburger-Kompetenzmodell, das im Vergleich mit dem ESNaS-Modell mehr Dimensionen berücksichtigt und als Grundlage für verschiedene Untersuchungsszenarien dienen kann und gedient hat (Schecker & Parchmann, 2006). Weitere Modelle beschreiben spezifischere Kompetenzbereiche in größerem Detailgrad, wie beispielsweise das Göttinger Modell für Bewertungskompetenz (Bögeholz, 2007), das von Mayer für Erkenntnisgewinnung vorgeschlagene Modell, in dem das Problemlösen als zentrale wissenschaftliche Denkweise gesehen wird (Mayer, 2007) oder die Kommunikationskompetenz (Kulgemeyer, 2010). Sie wurden jeweils zu verschiedenen Zwecken entwickelt und mit verschiedenen Methoden untersucht.

Der Detailgrad in dem Kompetenz beschrieben wird, ist unbestimmt, ebenso fehlt eine einheitliche Bezeichnung für die Strukturelemente (Bereich, Facette, etc.). Das erschwert zunächst den wechselseitigen Bezug der Modelle oder gar einen Versuch, sie hierarchisch zu ordnen nach umfassenderen und spezifischeren Kompetenzen. Es erscheint aber auch fraglich, ob diese Vorgehensweise hilfreich wäre. Ähnlich wie die Teilchenvorstellung als hilfreiche Heuristik in den unterschiedlichsten Bereichen der Naturwissenschaft spezifische und nicht unmittelbar aufeinander beziehbare Modelle hervorgebracht hat, führt die Grundidee von Kompetenz zu spezifischen Modellen, die für bestimmte Zwecke konstruiert und evaluiert wurden und dort erfolgreich die Fähigkeiten beschreiben. Ein weiterer Aspekt, der dafürspricht, Kompetenz eher als ein dem Teilchenmodell analoges Konzept zu sehen, ist die Tatsache, dass in allen Modellen verkürzt werden muss, was von der Kompetenz untersucht wird. Zum einen liegt dies an den empirischen Herangehensweisen, zum anderen an der fachdidaktischen Anforderung konkrete Handlungen ableiten und begründen zu wollen. Entsprechend verkürzen verschiedene Modelle unterschiedlich, so dass sich nur aus der Vielfalt der vorhandenen Modelle überhaupt ein Gesamtbild dessen ergeben kann, was unter Kompetenz zu verstehen ist.

Die meisten Modelle verkürzen auf den kognitiven Aspekt von Kompetenz und lassen motivationale und volitionale Aspekte unberücksichtigt. In einem interdisziplinären DFG-Projekt von Mayer, Walpuski und Sumfleth wird aktuell untersucht, wie sich motivationale Anregung durch Kontexte auf die Leistung in Large-Scale-Assessments auswirkt. Löffler und Pozas haben bei Kontexten untersucht, wie Motivation entsteht und über mehrere Problemlöseaufgaben mit Kontexten hinweg gehalten wird (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018).

International spielt im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts auch das Soziale, das sich Einbringen in eine Gemeinschaft, eine große Rolle und wird ausdrücklich als Teil naturwissenschaftlicher Bildung gesehen (vgl. Driver et al., 1994). Aus Sicht moderner Erkenntnisphilosophie hat das Sinn, denn es ist kaum eine naturwissenschaftliche Erkenntnis denkbar ohne dass eine Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sich darüber ausgetauscht hat. Gesellschaftlich erscheint es gerade im Hinblick auf Ressourcen und Nachhaltigkeit durchaus wünschenswert, einer Fokussierung auf das Individuum mit seiner individuelle Bedürfnisbefriedigung durch Bildung vorzubeugen und Sinn, Stärke und Zweck einer Gemeinschaft zu betonen. Ein Weg dahin können die sogenannten Socio-Scientific-Issues sein (vgl. Sadler, 2011), also jene Themenkomplexe, in denen das Soziale und das

Naturwissenschaftliche untrennbar miteinander verbunden sind und ein komplexes Wechselspiel eingehen, wofür die aktuelle Klimapolitik ein gutes Beispiel darstellt.

Warum verkürzen so viele Modelle auf den kognitiven Bereich? Viele Modelle dienen als Grundlage für Testinstrumenten, um Kompetenzverteilungen oder -strukturen aufzuklären, wie beispielsweise bei ESNaS. Tests sind vor allem geeignet, kognitive Aspekte zu erfassen. Mittels Fragebögen lassen sich zwar auch die motivationalen und volitionalen Variablen erfassen, sie sind aber meist weniger gut zu standardisieren. Das liegt auch daran, dass aktuell in Schulen nicht konkret daran gearbeitet wird, diese möglichen Unterrichtsziele im Sinne einer multikriterialen Zielerreichung anzustreben. Multikriteriale Zielerreichung ist an den weiterführenden Schulen und insbesondere im Gymnasium kaum zu finden, es dominiert auch hier der kognitive Bereich. Hinzu kommt, dass den Naturwissenschaften im Fächerkanon die kognitive und rationale Rolle zukommt. Dennoch wäre es möglich, stärker auf affektive Aspekte im naturwissenschaftlichen Unterricht einzugehen, ohne seinen Kern in Frage zu stellen. Studien zur Wirkung von Kontexten zeigen, dass sie helfen können, sowohl das Interesse der Lernenden zu wecken als auch über die Lernphase zu erhalten - so lange sie klug gewählt und sinnvoll eingesetzt sind. Im Rahmen von Kontexten kann Lernenden aufgezeigt werden, wie rationales naturwissenschaftliches Denken und Entscheidungsfindung zusammenspielen, wo Vorteile liegen, wenn man naturwissenschaftliches Wissen anwendet, naturwissenschaftliche Prozesse nutzt oder die den Naturwissenschaften eigene kritisch-rationale Haltung einnimmt.

Kontextualisiertes Problemlösen wäre ein möglicher Ansatz, um sowohl kognitive als auch die affektiven Aspekte der Kompetenz zu erfassen oder zu fördern. Die Probleme können dabei durchaus auch dem komplexen Problemlösen zugehören (Scherer & Tiemann, 2014, Gigel, Cauet & Kauertz, 2016), da hierbei auch Fragen der Selbststeuerung und Metakognition wichtig sind. Es fehlen aktuell noch Beispiele für die Einbindung von Gemeinschaft als Element naturwissenschaftlichen Arbeitens und die Frage, wie Systemdenken im Sinne einer Socio-Scientific-Issue-Betrachtung berücksichtigt werden kann.

Eine fachdidaktische Theorie zur Kompetenz zeichnet sich bislang also dadurch aus, dass sie pragmatische und zweckspezifische Modelle generieren kann. Sie setzt dabei das Naturwissenschaftliche in Relation zu weiteren gesellschaftlich relevanten Themen. Welche weiteren Erwartungen könnten an fachdidaktische Theorien angelegt werden?

Der Begriff der Theorie macht deutlich, dass Kompetenz dann ein Fundament für die wissenschaftliche Disziplin der Fachdidaktik darstellt. Kompetenz trägt dazu bei, die theoretischen Grundlagen der Fachdidaktik auszubauen und zu festigen, von denen aus pragmatische Konsequenzen für Lehren, Lernen und Materialentwicklung gezogen werde. So wie "conceptual change" eine Theorie zur fachdidaktischen Vorstellung von Lernen ist, so wäre eine fachdidaktische Theorie zur Kompetenz die Vorstellung vom Ziel fachlichen Lernens. Da die Fachdidaktik aus vielen anderen Wissenschaften gespeist wird, hat eine Theorie zur Kompetenz definierte Bezüge zum pädagogischen Diskurs über Bildung, zur kognitionspsychologischen Forschung zu Prozessen der Informationsverarbeitung und Entscheidungsfindung sowie zu fachlichen Prozessen und Weltsichten.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob durch die Bezüge zu anderen Wissenschaften überhaupt eine eigenständige Theorie notwendig ist. Durch die Achsen der Kompetenzmodelle und die Subskalen entsprechender Tests entsteht der Eindruck, dass sich Kompetenz additiv aus kognitiven Prozessen, fachlichen Inhalten und bildungstheoretisch motivierten Kompetenzbereichen wie Kommunikation und Bewertung zusammensetzt. Dies scheint

zunächst der Idee, dass Kompetenz etwas Eigenständiges ist, zu widersprechen. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass das Kompetenzkonstrukt nicht nur additiv ist. Zum einen lässt es sich untersuchen, wie sich Varianzanteile der Kompetenz auf diese Dimensionen verteilen und wieviel mit einem additiven Modell aufgeklärt werden kann. Solche Modellvergleiche liefern empirisch-statistische Argumente dafür, dass durch eine gemeinsame Betrachtung die empirischen Befunde besser zu erklären sind. Zum anderen aber hat es auch inhaltlich Sinn, dass wir von einer Verschmelzung der Bereiche ausgehen, die mehr ist als die Summe ihrer Teile.

Typische Aufgaben, wie sie bisher in der Schule vorkommen, dienen vorrangig dazu, in überschaubaren Situationen typische physikalische Denkmuster und Modelle anzuwenden und dabei eine gewisse Routine zu entwickeln. Die kontextuelle Einbindung soll vorrangig motivieren, steht aber eigentlich nicht für sich, denn eine mögliche Lösung jenseits der Physik soll weder gesucht werden noch würde sie als Lösung akzeptiert. Solche Aufgaben können in der Regel leicht einem Kompetenzbereich zugeordnet werden und mit bestimmtem Wissen und Fähigkeiten gelöst werden. Hierbei kann durchaus noch der additive Eindruck entstehen.

Je realistischer die Aufgaben werden und je bedeutsamer die Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf ihre gesellschaftliche Bedeutung, desto weniger klar lassen sich Kompetenzbereiche, Fähigkeiten und der benötigte Wissensumfang beschreiben. In solchen Aufgaben gibt es mehrere Ziele, die verfolgt werden können, es ist nicht klar, was richtig oder falsch wäre und woran dies festgemacht werden könnte. In diesem Zusammenhang haben komplexes Problemlösen, Socio-Scientific-Issues und Systemdenken große Bedeutung für das naturwissenschaftliche Lernen. Sie haben gemeinsam, dass es eine Vielfalt an Zielen gibt, die man verfolgen kann und eine intrinsische Komplexität, die nicht sinnvoll zu reduzieren ist. Damit einher geht eine notwendige Unsicherheit darüber, was eine Lösung wäre und wie man sie erreichen kann. Dies hat zum einen emotionale Konsequenzen wie Neugierde aber auch Ängstlichkeit, zum anderen aber stellt es auch kognitive Herausforderungen, auf die Naturwissenschaften eine spezifische Antwort haben. Die kognitive Herausforderung besteht im Treffen von Entscheidungen, der Beitrag der Naturwissenschaften darin, wie man zu belastbaren Entscheidungen kommt.

Kahnemann erhielt 2002 zusammen mit Smith den Nobelpreis für die Erkenntnisse über "human judgment and decision-making under uncertainty", also die menschliche Urteils- und Entscheidungsfindung unter unklaren Bedingungen bzw. statistischer Unsicherheit. Seine zentrale These ist, dass wir bei Entscheidungen und Urteile dazu tendieren uns zunächst auf Altbekanntes zu verlassen und nur dann vertieft nachdenken, wenn wir irgendwie darauf hingestoßen werden, sei es durch Irritation, Anregung von außen oder ähnliches. Menschen treffen daher, obwohl sie meinen rational zu entscheiden, trotzdem häufig erstaunlich irrationale Entscheidungen. Auch kluge Menschen und wichtige Entscheidungen unterliegen diesem Bias.

Bei komplexen Problemen, Socio-Scientific-Issues und Systemdenken ist der Aufwand hoch, den man kognitiv betreiben muss, um diese Herausforderungen anzugehen. Die Gefahr für falsche Intuitionen steigt. Eine naturwissenschaftliche Herangehensweise besteht gerade darin, sich nicht auf die Intuition alleine zu verlassen, sondern sich mit der eigenen Idee dazu kritisch auseinander zu setzen, Evidenzen zu sammeln und diese auf der Grundlage von belastbarem Vorwissen zu interpretieren. Komplexität ist dabei kein Hindernis im Lernmaterial, sondern gerade die Notwendigkeit, um naturwissenschaftliches Herangehen sinnvoll und notwendig zu machen.

Bei solchen komplexen Problemen sind die Kompetenzdimensionen nicht mehr getrennt voneinander zu betrachten. Ohne Wissen um fachliche Modelle und Theorien fehlt das Vorwissen, um überhaupt Ideen zu generieren und testen zu können oder Analogien zu finden; gleichzeitig fehlt ohne Kenntnis und Erfahrung der Erkenntnisprozesse der Naturwissenschaften die Struktur zur Auseinandersetzung mit eigenen Ideen und der Situation; Kommunikation ist wichtig um sich austauschen zu können und Bewertungskompetenz liefert Strukturen, um alle Informationen zu gewichten und einzubeziehen, Modellgrenzen abzustecken etc. Aber es braucht auch eine entsprechende Haltung zur eigenen Idee, eine Grundskepsis den eigenen und fremden Gedanken, Ideen und Modellen gegenüber. Es sollte den Lernenden beim Problemlösen nicht egal sein, ob sie in der von Kahnemann beschriebenen Denkfalle stecken. Lernende sollten wissen, dass es diese Denkfalle gibt und dass es durch die Arbeitsweisen und das Wissen der Naturwissenschaften einen Weg aus ihr heraus gibt.

Eine Theorie der naturwissenschaftlichen Kompetenz beschreibt also, wie jemand an ein komplexes, für sie oder ihn bedeutsames Problem herangeht, bei dem naturwissenschaftliches Wissen selbst oder als Analogiebereich Ideen liefern kann.
Diese Vorstellung, was jemand, der kompetent ist, tun kann, hat Konsequenzen für Unterricht. Die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass unsere Intuition uns täuschen kann, gehört dann ebenso zum Unterricht wie das explizite Analysieren und Üben naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen oder das Kennenlernen naturwissenschaftlicher Vorstellungen und Modelle. Die Aufmerksamkeit auf das Kahnemann‘sche Urteilsproblem zu lenken, beinhaltet volitionale und motivationale Aspekte der Kompetenz. Denn jede und jeder sollte in die Lage versetzt werden, bei Problemen, die ihr oder ihm bedeutsam erscheinen, nicht nur seiner Intuition folgend in die Irre gehen zu müssen, sondern erkennen können, dass eine rationale Lösung - ggf. mit großem Aufwand aber dennoch - existiert und überprüfbar ist.

Eine solche Idee von Kompetenz muss noch konkreter gefasst werden als das bisher der Fall ist. Insbesondere der Aspekt, dass Komplexität nicht reduziert werden kann, verträgt sich nicht mit verbreiteten Verständnis, dass wir Lernende nicht überfordern wollen und sie behutsam an immer komplexere Probleme heranführen möchten.

Unser Umgang mit Wissen und Nicht-Wissen im schulischen Kontext ist geprägt davon, dass zunächst Wissen bei den Lernenden aufgebaut werden soll, bevor sie es anwenden. Das entspricht dem statischen Wissensmodell. Dieses Verständnis macht die Bearbeitung wirklich komplexer Systeme und Fragen sehr schwierig, da es nahezu unmöglich ist, das gesamte Wissen aufzubauen, was nötig ist, um mit Socio-Scientific-Issues und ihren großen Zielvariationen umzugehen. Es verträgt sich auch nicht mit der Tatsache, dass außerhalb der Schule Probleme grundsätzlich unterbestimmt sind und dadurch sehr viele Domänen als Ausgangpunkt für eine Lösung in Frage kommen.

Diese Herausforderungen greift auch die OECD inzwischen auf. Im OECD Learning Compass werden Herausforderungen in einen starken sozialen Kontext gesetzt, Reflexion, kritische Auseinandersetzung und Transformation als wesentliche Elemente gesehen. Dies ist eingebettet in das Konzept des "well being", also einem Wohlergehen in zahlreichen Facetten, das allerdings zunächst auf das Individuum bezogen ist und erst unter dem Eindruck eines Fortschritts dann auch verschiedene Kapitale wie das natürliche Kapital, das Ökonomische, etc. aufgreift. Der Compass zeigt auch, wie schwierig und vielfältig es ist zu definieren, was eine Person in ihrer Teilhabe an unserer Welt ausmacht.

Um also der Kritik in der zweiten These besser begegnen zu können, müssten zwei Herausforderungen für die Fachdidaktik gelöst werden. Erstens gilt es herauszufinden, wie Lernenden eine kritisch-konstruktive Haltung im Sinne der Naturwissenschaften als Option für komplexe Herausforderungen mitgegeben werden kann. Zweitens müsste Kompetenz so modelliert werden, dass beschrieben wird, wie bei Lernenden beobachtet und gemessen werden könnte, in wieweit sie diese Option für sich erkennen und anwenden können.

Die beiden Thesen bündeln sehr fundamentale Kritik, die zur Weiterentwicklung fachdidaktischer Vorstellungen und Überlegungen nützlich sein können. Auch ohne diese Thesen gibt es nach wie vor zahlreiche Aspekte in den Kompetenzmodellen und der Kompetenzdiagnose, die nicht umfassend gelöst sind und zu denen die Fachdidaktik kontinuierlich beiträgt. So ist zum Beispiel noch nicht geklärt, wie die Förderung im Unterricht zwischen den Polen einer Reflexion über Fähigkeiten und Strukturen auf Meta-Ebene und dem konkreten Training von Verhaltensweisen austariert wird. Auch gibt es nach wie vor die Schwierigkeit der Untersuchung längerfristigen Kompetenzaufbaus, die aber notwendig ist, da sich Kompetenzen nicht in kurzen Interventionen entwickeln lassen. Hier brauchen wir weitere theoretische Grundlagen für die Konzeption der Förderung.

Auch in Bezug auf die Lehrerbildung stellt Kompetenzorientierung große Herausforderungen dar. Da die Modellierung vieler Fähigkeiten Modelle aus anderen Disziplinen notwendig macht, z. B. Ethik, Kommunikationswissenschaften, Philosophie, Psychologie, Medizin etc. müssen dann auch Lehrpersonen über ein Mindestmaß an Wissen aus diesen Domänen verfügen, um die Kompetenzen bei Lernenden explizit zu fördern oder zu erkennen. Dies verlangt großes Allgemeinwissen und Professionswissen der Lehrkräfte, bei dem sie unterstützt werden müssen.

Im Hinblick auf soziale Fragen oder grundsätzlich dem Outreach unserer Wissenschaften stellt sich die Frage, inwieweit naturwissenschaftliches, reduktionistisches und technikorientiertes Denken selbst als Verursacher aktueller gesellschaftlicher Probleme auftritt. Im Unterricht ist also zu klären, inwieweit naturwissenschaftliches Denken und Handeln mit Verantwortung einhergeht, inklusive einer historischen Perspektive. Das wirft die Frage auf, welche Verfahren hier geeignet sind, diesen Aspekt des "einer Verantwortung bewusst zu sein" auch bei der Kompetenzdiagnose mit zu erfassen.

Zu guter Letzt ist auch die Frage der Akzeptanz auf allen Ebenen des Bildungssystems für eine fachdidaktische Betrachtung wichtig. Hier muss bei der Implementation deutlich werden, dass eine Kompetenz, wie sie oben skizziert wurde, durchaus ein hohes Maß an Fachlichkeit mit sich bringt. Gleichzeitig müssen Lehrkräfte darin gebildet werden, mit Unsicherheit umzugehen und ggf. auch in anderen Domänen hinreichend sicher argumentieren können, dass sie diese mit dem eigenen Fach plausibel verbinden können.

Wir brauchen daher einen Transformationsprozess und entsprechende Forschung, wie das gelingen kann. Es müsste in diesem Transformationsprozess deutlich werden, dass damit Vorteile einhergehen, z. B.

- die Chance für Lernende die Unsicherheiten und Unbestimmtheiten, die mit Forschung einhergehen können, kennen zu lernen und zu lernen, diese zu meistern;
- die hohe Relevanz, die für Lernende in solchen Themen erkennbar wäre;
- die Möglichkeiten, auch moderne Forschung wie Klima- oder Umweltforschung einzubindend;
- die Chance, auch Unterricht diskursorientierter und damit schülerorientiert zu gestalten, und

- die Chance, dass diese Themen den Kompetenzerwerb mit Bildungsprozessen im traditionellen Sinne verbindet (z. B. nach Klafki über gesellschaftliche Herausforderungen zur kategoriale Bildung zu gelangen).

Eine so verstandene Theorie von Kompetenz bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte zu den vielfältigen Themen in unserer Fachdidaktik. Eine Theorie von naturwissenschaftlicher Kompetenz kann neben weiteren Theorien zu einem soliden Fundament für fachdidaktisch-pragmatische Arbeit mit Lernenden, Lehrkräften und Lernmaterial beitragen. Sie kann zudem helfen, die Bildungsstandards weiter zu fundieren und als Orientierung für alle Ebenen des Bildungssystems dienen.

Literatur

Bandelt, H. J., & Wiechmann, R. (2017). Mathematikoutsourcing durch Kompetenzorientierung Outsourcing of mathematics through competence orientation. Journal für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik (P/S), 1, 35-48.

Baumert, J., & Tillmann, K. J. (Eds.). (2016). Empirische Bildungsforschung: der kritische Blick und die Antwort auf die Kritiker (Vol. 31). Springer-Verlag.

Bögeholz, S. (2007). Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen nachhaltiger Entwicklung. In Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (pp. 209-220). Springer, Berlin, Heidelberg.

Boulanger, F. D. (1981). Ability and science learning: A quantitative synthesis. Journal of Research in Science Teaching, 18(2), 113-121.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational researcher, 23(7), 5-12.

Gierl, K., Löffler, P., & Kauertz, A. (2016). Die Entwicklung der Beschreibungskompetenz vom Elementar-bis zum Sekundarbereich I. In: Maurer, Chr. (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, p. 724 - 727.

Gigl, F., Cauet, E., & Kauertz, A. (2016). Problemlösen im Physikunterricht: Lerngelegenheiten und Assessment?. In: Chr. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, 708 - 711.

Heller, K. A., Perleth, C., & Lim, T. K. (2005). The Munich model of giftedness designed to identify and promote gifted students. Conceptions of giftedness, 2, 147-170.

Kampa, N. (2012). Aspekte der Validierung eines Tests zur Kompetenz in Biologie: eine Studie zur Kompetenz in Biologie und ihren Teildimensionen Konzept-und Prozesswissen (Doctoral dissertation, Humboldt Universität zu Berlin, Philosophische Fakultät IV).

Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 135-153.

Knobloch, R. Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2013). Förderung der Qualität fachinhaltlicher Schüleräußerungen in experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19, 347-373.

Kulgemeyer, C. (2010). Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik (Vol. 108). Logos Verlag Berlin GmbH.

Labudde, P., Duit, R., Fickermann, D., Fischer, H., Harms, U., Mikelski, H., ... & Weiglhofer, H. (2009). Schwerpunkttagung 'Kompetenzmodelle und Bildungsstandards: Aufgaben für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung'. Didaktik der Naturwissenschaften, 125-152.

Löffler, P. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben-Wie wirkt Kontext? (Vol. 205). Logos Verlag Berlin GmbH.

Löffler, P., Pozas, M., & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. International Journal of Science Education, 40(16), 1935-1956.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (pp. 177-186). Springer, Berlin, Heidelberg.

Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., zu Belzen, A. U., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht–eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22(1), 77-96.

Neumann, K., Viering, T., & Fischer, H. E. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz am Beispiel des Energiekonzepts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg, 10, 285-298.

Ploetzner, R., Fehse, E., Kneser, C., & Spada, H. (1999). Learning to relate qualitative and quantitative problem representations in a model-based setting for collaborative problem solving. The Journal of the Learning Sciences, 8(2), 177-214.

Riemeier, T., von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J., & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen Process-based analysis of students' argumentation: approach, proceeding, results, and implications. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 181-200.

Sadler, T. D. (Ed.). (2011). Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research (Vol. 39). Springer Science & Business Media.

Schad, V., Cauet, E., Scheid, J., & Kauertz, A. (2018). Physikalisches Fachwissen in Experimentierumgebungen nutzen. In: C. Maurer (Hrsg.) Qualitätsvoller Chemie-und Physikunterricht-normative und empirische Dimensionen. p. 815 . 818.

Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12(1), 45-66.

Scherer, R., & Tiemann, R. (2014). Evidence on the effects of task interactivity and grade level on thinking skills involved in complex problem solving. Thinking Skills and Creativity, 11, 48-64.

Tillmann, K. J. (2017). Empirische Bildungsforschung in der Kritik–ein Überblick über Themen und Kontroversen. In Empirische Bildungsforschung (pp. 5-22). Springer VS, Wiesbaden.

von Aufschnaiter, C., & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen–Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 67(1), 10-16.

Walpuski, M., & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente–Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae, 37(104), 6-27.

Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2009). The use of video data to evaluate inquiry situations in chemistry education. In: T. Janík & T. Seidel (Eds.): The power of video studies in investigating and learning in the classroom (pp. 121-133). Münster: Waxmann Publishing.

Walpuski, M., Ropohl, M., & Sumfleth, E. (2011). Students' knowledge about chemical reactions–development and analysis of standard-based test items. Chemistry Education Research and Practice, 12(2), 174-183.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und-niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 7, 129-143.

Rita Wodzinski Universität Kassel

Laudatio zur Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Ernst Kircher (Würzburg)

Sehr geehrte Damen und Herren, lieber Ernst,

In diesem Jahr verleiht die GDCP ihre Ehrenmedaille für langjährige hervorragende Leistungen in der Didaktik der Chemie und Physik dem Physikdidaktiker Prof. Dr. Ernst Kircher aus Würzburg.
In der Laudatio geht es darum, die Leistungen des Geehrten zu würdigen und damit die Entscheidung der Jury zur Verleihung der Ehrenmedaille zu begründen. Ich bin dankbar, dass ich diese ehrenvolle Aufgabe übernehmen darf, da sich meine Wege mit Ernst Kircher insbesondere in unserem gemeinsamen Engagement für den Sachunterricht verschiedentlich gekreuzt haben.

Ernst Kircher ist der GDCP in besonderer Weise verbunden: Seit dem Tag der Gründung der GDCP vor 46 Jahren in Göttingen ist er Mitglied der GDCP, und auch als sich 1992 die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts in Berlin als Ableger der GDCP formierte, war er von Anfang an dabei. Das Interesse an der Physikdidaktik im engeren Sinn wie auch an der Physik im Sachunterricht kennzeichnen bis heute die Aktivitäten von Ernst Kircher.
Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeitsfelder bilden die Alltagsvorstellungen von Grundschulkindern, Analogien im Physikunterricht und vor allem die wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Physikdidaktik. Als einer der ersten im deutschsprachigen Raum hat er zudem das Wissenschaftsverständnis als relevantes Thema für die Grundschule erkannt und in die didaktische Diskussion eingebracht.

Ich habe die Laudatio im Folgenden entlang der Biografie von Ernst Kircher strukturiert, da seine Biografie gleichzeitig viel über die junge Geschichte und die rasante Entwicklung der Physikdidaktik offenbart.

Ernst Kircher wurde im Jahr 1940 in Jagsthausen in der Nähe von Heilbronn geboren. Wie viele seiner Generation verlor er seinen Vater im 2. Weltkrieg. Er war vier, als sein Vater starb. Nach dem Abitur absolvierte er eine Ausbildung zum Volksschullehrer am Pädagogischen Institut in Esslingen. Vier Jahre lang - von 1962 bis 1966 – sammelte er wertvolle Berufserfahrungen, zum Schluss in der Einklassenschule Münster am Kocher, wo er Kinder von Klasse 1 bis Klasse 8 in einem Raum in allen Fächern unterrichtete. Im Gespräch berichtet er, dass ihm diese Arbeit viel Freude bereitete, auch wenn die Bedingungen eine echte Herausforderung darstellten. Gelingen konnte der Unterricht nur, indem er ältere Schülerinnen und Schüler instruierte, den Kleinsten das Lesen und Schreiben beizubringen.
1966 schließlich entschloss sich Ernst Kircher seinem Interesse an der Physik intensiver nachzugehen. Er begann ein Diplom-Physikstudium an der Universität Tübingen mit dem Wahlfach Pädagogik. In dieser Zeit belegte er u.a. zwei Seminare bei Martin Wagenschein, der in Tübingen als Honorarprofessor tätig war. Nach Abschluss seines Studiums wechselte Ernst Kircher als wissenschaftlicher Mitarbeiter 1972 an das IPN in Kiel. Hier erlebte er die „stürmischen Jahre“ des Aufbruchs in der Physikdidaktik. Von 1972 bis 1978 war er an der Curriculumentwicklung beteiligt, hier speziell zum Thema „Modelle des elektrischen

Stroms“. Das Thema Modelle hat ihn auch in der Folgezeit immer wieder umgetrieben und heute noch haben seine Arbeiten zu diesem Thema Gewicht.
Seine Dissertation mit dem Titel: *Der Modellbegriff und seine Bedeutung für die Physikdidaktik* schloss er 1977 ab.
In den 70er und 80er Jahren pflegte er einen engen Kontakt zu Walter Jung. Geteilt haben sie das gemeinsame Interesse an dem Thema Schülervorstellungen und an der Wissenschaftsphilosophie.

Kurz nach Beendigung der Promotion 1978 wechselte er vom hohen Norden wieder zurück in den Süden, wo er eine Stelle als Oberstudienrat im Hochschuldienst an der Physikalischen Fakultät der Universität Würzburg antrat. In seinen Verantwortungsbereich fiel die Ausbildung von Grund-, Haupt- und Realschullehrkräften. In dieser Zeit widmete er sich vor allem Fragen der Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie und deren Bedeutung für die Physikdidaktik. Seine Überlegungen fanden Eingang in seine Habilitationsschrift mit dem Titel "Studien zur Physikdidaktik: Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen", die 1995 am IPN Kiel veröffentlicht wurde.
Vermutlich in dieser Zeit entstand auch die Idee für ein Physikdidaktik-Lehrbuch. Einige Jahre zuvor, 1991, war bereits das erste Lehrbuch zur Fachdidaktik Physik von Bleichroth, Dahncke, Jung, Kuhn, Merzyn und Weltner erschienen. Das Lehrbuch von Kircher, Girwidz und Häußler, das schließlich 1999 - zunächst bei Vieweg, später bei Springer - erschien, ähnelt in seiner Ursprungsfassung noch stark dem Buch von Bleichroth et al. Beide Lehrbücher versuchen, fachdidaktische Grundlagen strukturiert und in einem Guss aufzubereiten.
Das Konzept eines Lehrbuchs aus einem Guss wurde jedoch bei Kircher et al. schnell zugunsten eines Sammelbandes verändert, um auch aktuelle Themen und Fragestellungen der Physikdidaktik in das Lehrbuch aufnehmen zu können. Im Unterschied zum Buch von Bleichroth et al. erhielten auch Vertreterinnen und Vertreter der jungen Generation die Chance, „ihre Themen“ im Lehrbuch zu platzieren. Dies ist Ausdruck einer Wertschätzung gegenüber der Arbeit des wissenschaftlichen Nachwuchses, die ich in meiner eigenen Nachwuchszeit – auch jenseits der Mitarbeit am Buch - als außerordentlich wohltuend und unterstützend erlebt habe.
Auf diese Weise ist nicht nur ein wertvolles Handbuch für die Lehrerausbildung entstanden, sondern durch die Bündelung der aktuellen fachdidaktischen Diskussionen hat es gleichzeitig auch zur Fundierung und Profilierung der Fachdidaktik wesentlich beigetragen.
In einer Rezension von Matthias Kramer, Informatikdidaktiker an der Universität-Duisburg-Essen, heißt es: „Nach Lektüre dieses Buches ist völlig klar, was Didaktik ist und was sie soll. Ich empfehle dieses Buch ausdrücklich als Grundlage auch für weitere Paralleldidaktiken. Besonders hervorzuheben: Die nahezu vollständige Betrachtung der didaktischen Bandbreite, von historischer Entwicklung, Einbezug didaktischer Modelle bis hin zu aktueller Forschung.“
Seit dem ersten Erscheinen vor 20 Jahren bis heute wird das Lehrbuch „Physikdidaktik – Eine Einführung in Theorie und Praxis“ immer weiter überarbeitet und durch aktuelle Themen ergänzt. Derzeit ist eine weitere deutsche Auflage im Druck mit Raimund Girwidz und Hans Fischer als Mitherausgebern neben Ernst Kircher. Auch eine englischsprachige Ausgabe für den internationalen Markt ist gegenwärtig in Vorbereitung.

Mit Erscheinen des Lehrbuchs ist auch der Startpunkt einer nächsten Schaffensphase von Ernst Kircher markiert. Im DFG-Schwerpunktprogramm "Bildungsqualität von Schule" konnte er zusammen mit Beate Sodian sein Interesse an der Wissenschaftstheorie mit seinem Interesse am Sachunterricht verknüpfen. Von 2000 bis 2006 haben beide das Projekt „Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule“ geleitet. Die

Forschungsergebnisse zeigen u.a., dass schon Grundschulkinder eine naturwissenschaftliche Sichtweise auf die Welt jenseits eines naiven Realismus aufbauen können und damit der Aufbau eines Wissens ÜBER Naturwissenschaften bereits in der Grundschule beginnen kann.
Im Kontext des Projekts entstand das Buch "Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule", das für die Diskussion um NOS in der Grundschule wegweisend war und noch immer ist. Erst- und Zweitautoren des Buches sind Patrizia Grygier und Johannes Günther, die bei Ernst Kircher im Rahmen des Projekts promoviert haben. Zusammen mit den Arbeiten von Kornelia Möller bilden die Arbeiten dieses Projekts eine wichtige forschungsbasierte Grundlage für einen anspruchsvollen naturwissenschaftlichen Sachunterricht.
Am Ende seiner beruflichen Laufbahn hat Ernst Kircher sich schließlich auch im IPN-Projekt "Sinus Transfer Grundschule" engagiert, wo er das Modul „Talente entdecken und fördern“ betreut hat. Dass er bis zum Jahr 2011 an der Universität Würzburg noch Physikvorlesungen für Grundschullehrkräfte gehalten hat, zeigt seine besondere Beziehung zu diesem Tätigkeitsfeld.

Ich habe versucht, Ihnen ein Bild von Ernst Kircher zu zeichnen, das nicht nur seine wissenschaftlichen Leistungen, sondern auch ihn als Person ein wenig erkennen lässt. Es ist schade, dass er heute nicht anwesend sein kann. Auf diese Weise entgeht ihm die außergewöhnliche Atmosphäre dieses beeindruckenden Festsaals - und mir ein Glas Wein, das er mir ganz sicher spendiert hätte.

Lassen Sie mich abschließend noch einmal zusammenfassen, warum Ernst Kircher aus Sicht der Jury die Auszeichnung der Ehrenmedaille der GDCP verdient:
- Ernst Kircher hat die Physikdidaktik durch seine langjährigen und fundierten Beiträge vor allem zu den wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Physikdidaktik nachhaltig bereichert.
- Er hat durch die Herausgabe des Lehrbuchs „Physikdidaktik in Theorie und Praxis“ zur Fundierung der Physikdidaktik maßgeblich beigetragen.
- Er hat mit seinen Beiträgen zum Wissenschaftsverständnis in der Grundschule die Bedeutung des Sachunterrichts für den Aufbau eines naturwissenschaftlichen Weltbildes wesentlich gestützt und dabei zu einer forschungsorientierten Sachunterrichtsdidaktik beigetragen.

Ernst Kircher ist deshalb ein würdiger Träger der Ehrenmedaille der GDCP.

Peter Wulff
David Buschhüter
Andrea Westphal
Andreas Borowski

Universität Potsdam

Potentiale automatischer Sprachverarbeitung für die Fachdidaktik

Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften sind eng verknüpft mit Lernen von Sprache, da Bedeutungskonstruktion naturwissenschaftlicher Inhalte durch Sprache vermittelt wird (Schnotz, 2006). Sprache hängt unter anderem mit fachlichem Lernen (Rincke, 2007), mit konzeptuellem Wissen (Nehm & Härtig, 2012) und mit reflexivem Denken (Poldner, van der Schaaf, Simons, van Tartwijk & Wijngaards, 2014) zusammen. Zugleich ist Sprache so komplex, dass sich einfache Zusammenhänge den Analysen entziehen (Härtig, Fraser, Bernholt & Retelsdorf, 2019) und Fragestellungen stark elementarisiert werden müssen, um Effekte zu erzeugen (Schnotz, 2006), was die Validität der Ergebnisse für Lehr-und-Lernprozesse in authentischen Lernumgebungen gefährdet. Sprache ist unter anderem deshalb komplex zu analysieren, da Bedeutung im Zusammenspiel von Oberflächen- und Tiefenstruktur erzeugt wird, Kohärenz von lokaler und globaler Abhängigkeit determiniert ist, und Worte als Begriffe in verschiedenen Kontexten anders zu lesen sind (Schnotz, 2006). Zur Stärkung einer sprachbasierten Forschung und Lehre in den Naturwissenschaftsdidaktiken sind deshalb Methoden und Instrumente notwendig, die flexibel, reliabel und valide verschiedene Ebenen von Sprache analysieren können.

Ein möglicher Ansatz in dieser Richtung ist Natural Language Processing (NLP), das als Schnittelement von Computerlinguistik, Kognitionsforschung und zahlreichen weiteren Domänen (Bird, Klein & Loper, 2009) bisher sehr mächtige Anwendungen hervorgebracht hat, die natürliche Sprachnutzung von Menschen abstrahieren, sodass ein systematischerer Zugriff auf Wissen und Sprachnutzung möglich wird. Beispielsweise konnten in Lehr-Lern-Kontexten sowohl in der Forschung als auch in der Lehre zielführende und effektive Anwendungen umgesetzt werden. Im Bereich Expertiseforschung wurde für lexikonbasierte und regelbasierte Classifier gezeigt, dass sich Unterschiede zwischen Expert*innen und Novizen*innen auch in deren Sprachverwendung zeigen, beispielsweise durch den Gebrauch einer kausalen Sprache oder bestimmter Konzepte (Nehm & Härtig, 2012; Pennebaker, Boyd, Jordan & Blackburn, 2015). Ziel dieses Beitrages ist es, anhand zweier spezifischer Anwendungsfälle Potentiale, Herausforderungen und Grenzen von NLP für die naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken exemplarisch aufzuzeigen. Adressiert sind Forschende und Lehrende in den Naturwissenschaftsdidaktiken, die einen ersten Einblick in NLP-Anwendungen bekommen wollen.

Schriftliche Reflexionen und NLP

In unserer Forschung beschäftigen wir uns mit Reflexionstexten von Lehramtsstudierenden in der Physik im Praxissemester. Schriftliche Reflexionen bieten sich für die Anwendung von NLP aus mehrfacher Sicht an: Zum einen stellen Texte geordnete, längere Einheiten dar, die von zahlreichen Abhängigkeiten auf Wort-, Satz- und Paragraphenebene gekennzeichnet sind (Schnotz, 2006). Das Verfassen von Texten ist damit eine externe Repräsentation von Bedeutung, die es aus forschungs- als auch aus lehrspezifischer Perspektive zu rekonstruieren gilt. Zum anderen rekurrieren Reflexionstexte auf Erfahrungen von Lehrkräften, sodass es sich insgesamt um eine wohldefinierte Textsorte handelt, für die die Varianz in neuen Daten eingeschränkt ist und zu der bereits Forschungsbefunde vorliegen (Poldner et al., 2014).

Auf der Basis vorheriger Forschung (Nowak, Liepertz & Borowski, 2018) sehen wir Reflexion als Denkprozess, der zum Ziel hat, Erfahrungen und Wissen einer Lehrkraft zu strukturieren und zu abstrahieren. Hierbei wird häufig das Ideal des reflektierten Praktikers oder der reflektierten Praktikerin herangezogen, wobei Reflexion als wichtiges Verbindungsglied von Theorie (Wissen) und Praxis (Handeln) konzeptualisiert wird (Carlson et al., 2019). Um Wissen und Handeln verknüpfen zu können, müssen angehende Lehrkräfte Gelegenheit erhalten, sich kritisch und distanzierend mit ihren eigenen Erfahrungen auseinanderzusetzen. Insbesondere die schriftliche Reflexion wurde hierbei vielfach auch im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik als wirksames diagnostisches Tool implementiert (Hume, 2009; Poldner et al., 2014). Um Studierenden eine Orientierung zu ermöglichen, was reflexives Denken bedeutet, wurde deshalb ein Reflexionsmodell validiert (Nowak et al., 2018), welches zentrale Elemente einer Reflexion identifiziert. Hiernach sollten Studierende für eine Reflexion zunächst die Rahmenbedingungen einer reflektierten Sequenz angeben und anschließend die Unterrichtsvorgänge beschreiben. Danach bewerten sie das Geschehene und leiten auf dieser Basis Alternativen für weitere Handlungsoptionen ab. Zuletzt adressieren die Reflektierenden Konsequenzen für ihre eigene professionelle Entwicklung.

Empirische Studien deuten allerdings darauf hin, dass angehende Lehrkräfte eher auf einem niedrigen Niveau und auf oberflächlicher Ebene reflektieren (Korthagen, 2005). Poldner et al. (2014) mussten feststellen, dass der Großteil der Reflexionstexte ihrer Studierenden auf der Ebene der Beschreibung und Bewertung stattfand. Um Studierende dabei zu unterstützen, in ihren Reflexionstexten auch stärker Elemente zu berücksichtigen, in welchen sie Alternativen abwägen und Konsequenzen für die eigene professionelle Entwicklung ziehen, sollen im ersten Anwendungsfall die Elemente der Reflexion auf der Basis eines NLP-Classifiers automatisch kodiert werden, was dann zur Umsetzung eines automatischen Feedbacktools genutzt werden kann. Im zweiten Anwendungsfall sollen dann explorativ Themen in den Studierendenreflexionen identifiziert werden. Daraus ließe sich z. B. ableiten, welche Inhalte im Rahmen der Begleitveranstaltungen zum Praxissemester genauer diskutiert werden sollten.

Anwendungsfall 1: Automatisiertes Feedback für schriftliche Reflexionstexte

Um Reflexionstexte automatisiert zu klassifizieren, ist es notwendig zu definieren, welche Einheiten kodiert werden sollen und welche Aspekte diese Einheiten am besten charakterisieren, sodass ein maschineller Lernalgorithmus das Auftreten bestimmter Features mit den Elementen der Reflexion verbinden kann. Der Lernalgorithmus wird dann an einem Trainingsdatensatz trainiert und an einem Entwicklungsdatensatz optimiert, sodass dieser neue Daten (zurückgehaltener Testdatensatz) klassifizieren kann (Jurafsky & Martin, 2014). Die Validität der Kodierung kann dann auf der Basis einer Mensch-Computer-Übereinstimmung bestimmt werden. In dieser Studie wurden dazu die Texte von N=17 Studierenden im Praxissemester (insgesamt N=81 schriftliche Reflexionen) händisch kodiert. Als Kodiereinheit wurde eine thematisch zusammenhängende Einheit im Text genutzt, die jeweils einer der Elemente der Reflexion (Rahmenbedingung, Beschreibung, Bewertung, Alternativen, Konsequenzen) zugeordnet wurde. Zwei unabhängige Kodierer erreichten hierbei eine substanzielle Übereinstimmung, sodass auf der Basis dieser Kodierungen ein Classifier trainiert werden konnte. Als Feature wurde wordcount herangezogen, der ein sehr einfach umzusetzendes Verfahren darstellt, indem für jedes Dokument (d.h., Kodiereinheit) ein ca. 5000-dimensionaler Vektor erzeugt wurde, der angibt, ob ein Wort aus dem Vokabular im Dokument enthalten ist oder nicht (one-hot encoding). Da die resultierende Datenmatrix sehr viele leere Zellen hat, kann zur Verbesserung der Performance eine Datentransformation (word2vec) vorgenommen werden, die zur Reduzierung der Dimensionen führt (Mikolov, Sutskever, Chen, Corrado & Dean, 2013). Eine Intuition für diese Transformation ist in Abb. 1 dargestellt. In dieser Abbildung wird deutlich, dass die Distanz zweier beliebiger Wörter im

Falle des one-hot encoding (linke Seite) stets gleich ist. Dies ist allerdings eine eher unpassende Annahme für die Arbeit mit Texten, da verschiedene Worte im Kontext eines Textes ähnliche semantische Information kodieren können. Daher ist eine Transformation empfehlenswert. Effektiv in diesem Zusammenhang ist beispielsweise die word2vec-Transformation, da diese auch Bedeutung abbildet und beispielsweise Wortanalogien über Vektoradditionen gefunden werden können (Jurafsky & Martin, 2014). Betrachtet man Abb. 1, kann man im rechten Graphen nachvollziehen, dass der eingebettete Vektor für Frau minus dem Vektor für Mann, angewendet auf Königin als Ergebnis König gibt.

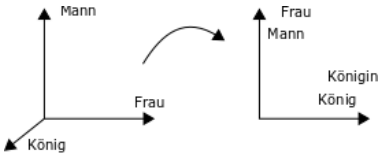


Abb. 1: Word2vec Intuition.

Um nun die Datenmatrix mit der abhängigen Variablen (hier: Elemente der Reflexion) zu verknüpfen, können verschiedene Classifier verwendet werden. Beispielsweise ist der Naive Bayes Classifier auch für kleine Datensätze geeignet, macht allerdings unter anderem die (naive) Annahme bedingter Unabhängigkeit der Features. Das führt dazu, dass der Naive Bayes Classifier hochkorrelierte Features doppelt zählt und damit die Evidenz verfälscht, wo beispielsweise der Logistic Regression Classifier robuster reagiert (Jurafsky & Martin, 2014). Viele dieser Algorithmen sind im scikit-learn-Paket (Pedregosa et al., 2011) der frei verfügbaren Software Python enthalten und einfach zu implementieren. Um dann die Mensch-Computer-Übereinstimmung eines Classifiers zu überprüfen, wird in der Regel der F1-score, als harmonisches Mittel aus Genauigkeit (Anteil der korrekt als positiv klassifizierten Fälle aus der Gesamtheit aller als positiv klassifizierten Fälle) und Trefferquote (Anteil korrekt als positiv klassifizierten Fälle aus der Gesamtheit der tatsächlich positiven Fälle) verwendet, der ein Maß für die Übereinstimmung darstellt.

Im vorliegenden Anwendungsfall konnten mit einem Logistic Regression Classifier auf der Basis von ca. 1700 Kodierungen nach entsprechender Optimierung von Hyperparametern, sowie Feature-Transformation nach word2vec ein F1-score von knapp .90 erreicht werden, was auf eine sehr gute Performance hindeutet. Damit ist dieser Classifier in der Lage, mit recht hoher Sicherheit Sätze in Studierendenreflexionen den entsprechenden Elementen zuzuordnen. Auf dieser Basis kann der Classifier nun eingesetzt werden, um beispielsweise Studierenden eine Rückmeldung zur Strukturiertheit und Vollständigkeit ihrer Reflexion zu geben.

Anwendungsfall 2: Thematische Analyse von schriftlichen Reflexionstexten

Aus methodischer Sicht der empirischen Bildungs- und Sozialforschung folgt Anwendungsfall 1 der Logik der deduktiven Kategorienbildung, bei der aus der Theorie bestimmte Kategorien abgeleitet und genutzt werden, um entsprechende Zuordnungen zu ermöglichen (Mayring, 2010). Der im folgenden dargestellte Ansatz folgt einer eher induktiven Herangehensweise (Bengfort, Bilbro & Ojeda, 2018). Kategorien am Textmaterial selbst zu entwickeln, kann in Bezug auf Reflexionstexte sinnvoll sein, da die theoretische Perspektive (Nowak et al., 2018) aus Sicht der Studierenden selbst einen Mangel an Relevanz besitzen könnte.

Ziel des folgenden Anwendungsfalls ist es deshalb, ein Kategoriensystem von Reflexionsthemen aus dem Textmaterial heraus zu entwickeln (s. auch Chen, Yu, Zhang &

Yu, 2016), ohne dabei die theoretische Perspektive apriori zu wählen. Diese Themen könnten z. B. von Dozierenden der Begleitveranstaltungen genutzt werden, um den Reflexionsbedarf aus Studierendenperspektive zu diagnostizieren. Der hier verwendete Ansatz, die Latent Dirichlet Allocation (LDA), gehört zu den Methoden des Topic Modeling (Blei, Ng & Jordan, 2003). Topic Modeling meint meist Methoden des unsupervised Machine Learning, um Themen (topics) aus Texten zu extrahieren (Bengfort et al., 2018). Unsupervised ist hier gleichbedeutend damit, dass apriori kein kategorisierter Datensatz vorhanden ist, der zum Training des Modells verwendet wird (Bengfort et al., 2018). In Abb. 2 wird die grundlegende Idee des Modells einer LDA visualisiert (angelehnt an Blei, Carin & Dunson, 2012). In diesem Modell ist jedem Dokument eine Verteilung über die Themen zugeordnet. Dokumente bestehen also aus einer Mischung von Themen zu bestimmten Anteilen (Abb 2. rechts). Die Themen wiederrum entsprechen einer Verteilung über alle verschiedenen Begriffen (Abb. 2 links). Ähnlich wie bei der Bestimmung von Personen- und Itemparametern bei einer Rasch-Analyse werden mittels einer LDA aus den Texten (Daten) die entsprechenden Verteilungen für alle Dokumente über die Themen und für alle Themen über die verschiedenen Begriffe berechnet (genauer hierzu Blei et al., 2012; Blei et al., 2003).

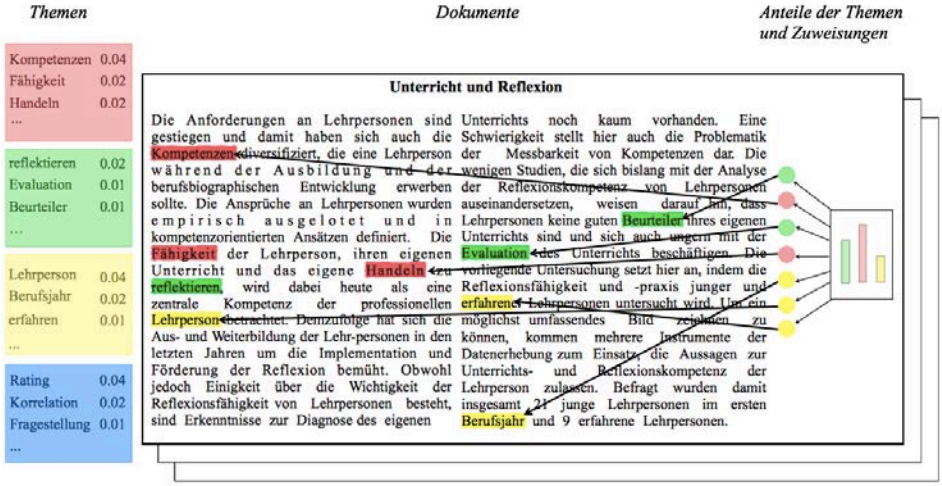


Abb. 2: Visualisierung der Grundidee einer LDA (Beispieltext wörtlich aus Wyss, 2013)

Auch bei diesem Verfahren müssen manuell bestimmte Hyperparameter gewählt werden. So ist auch die Anzahl der Themen manuell festzulegen. Um die entsprechende Entscheidung gibt es eine breite Diskussion (z. B. Greene, O'Callaghan & Cunningham, 2014;Chang, Boyd-Graber, Gerrish, Wang & Blei, 2009). Bei der LDA spielt die Reihenfolge der Wörter keine Rolle. Sie gehört zu den Bag-of-Words-Modellen. Auch sind streng genommen nicht einmal Wörter notwendig. Damit muss auch die Vergabe der Namen der Themen von der interpretierenden Person durchgeführt werden. Dazu verwendet die Person häufig die Rangfolge der Worte hinsichtlich ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit bzw. -häufigkeit innerhalb eines Themas. Mittels des R-Paket LDAvis (Sievert & Shirley, 2014) lässt sich zudem berücksichtigen, dass bestimmte Begriffe in allen Themen hohe Auftretenswahrscheinlichkeiten haben. Mithilfe eines Koeffizienten Lambda (hier bei ca. 3) kann konfiguriert werden, zu welchem Maß die Überzufälligkeit berücksichtigt werden soll. Die resultierende Rangfolge wird dann zur Interpretation verwendet (Sievert & Shirley, 2014). Im Rahmen der vorliegenden 164 Reflexionstexte wurden folgende zehn Themen extrahiert: Kraft, Rechenaufgaben, Arbeitsphasen, Mechanik, Auswertung. E-Lehre, Wärmelehre, Allgemeines 1, Allgemeines 2, Unklar (letzteres war nicht kohärent genug, um es inhaltlich

interpretieren zu können). Im Folgenden sind für drei Themen, die entsprechend der oben erklärten Rangfolge auftauchten, die ersten sieben Begriffe kleingeschrieben dargestellt.

- Kraft: kräfte, wechselwirkungsprinzip, wirkt, kraft, pfeil, kräften, pfeile
- Rechenaufgaben: formel, s, test, sagte, aufgabe, schrieb, film
- Arbeitsphase: aufgaben, gruppen, übung, bearbeiten, bearbeitet, schülerversuch, aufgabenstellung

Nicht alle Themen hatten diese offensichtliche Kohärenz (z. B. E-Lehre: simulation, spannung, stromstärke, video, meinung, innerhalb, leiter), so dass hier mehr als nur die ersten sieben Wörter zur Interpretation und Vergabe des Kategoriennamens betrachtet werden müssen. Inwiefern die entsprechenden Kategorien hilfreich für eine gemeinsame Reflexion des Praxissemesters im Rahmen des Begleitseminars sein können, muss noch geklärt werden.

Chancen, Herausforderungen und Grenzen von NLP in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik

In den Anwendungsfällen standen jeweils eine supervised NLP (Klassifikation von Reflexionstexten) und eine unsupervised NLP Umsetzung (thematische Analyse von Reflexionstexten) im Zentrum. Aus Perspektive der fachdidaktischen Forschung bietet Anwendungsfall 1 Möglichkeiten, sprachliche Aspekte eines Kodiermanuals wie Wortbedeutung oder Syntax stärker explizit zu machen. Einmal trainiert, können selbst einfache NLP-basierte Classifier Expertise speichern und abrufen. Für die fachdidaktische Lehre hat das den Vorteil, ressourcenökonomisch zu sein (Burstein, 2009; Nehm & Härtig, 2012).

Gegenüber diesem Verfahren hat die Anwendung des Topic Modeling zunächst den Nachtteil, dass der theoretische Blickwinkel hier nicht gewählt werden kann. Deshalb ist nicht evident, dass die entstehenden Kategorien einen apriori gewählten Zweck erfüllen. Dennoch bietet dieser Ansatz nach unserer Einschätzung Potential. Im Gegensatz zu vielen qualitativen Verfahren ermöglicht er eine enorme Reduktion der Theoriegeladenheit bei der Kategorienbildung. Wie im ~~oben~~ dargestellten Fall kann es sinnvoll sein, einen Text möglichst „theoriefrei“ zu interpretieren (auch wenn dieses Ideal nicht vollständig erreicht werden kann). Neben ihrer Ökonomie ist unsupervised Topic Modelling insbesondere dadurch attraktiv, dass es angewandt werden kann, wenn zu einer Textsorte noch keine oder nicht hinreichend ausgeschärfte theoretische Modelle vorliegen. Insofern kann die LDA für die Fachdidaktik ein exploratives Verfahren der Textanalyse über einfache deskriptivere Verfahren wie Worthäufigkeiten und Wortwolken hinaus darstellen.

Herausforderungen für die Adaption von NLP in der Fachdidaktik ergeben sich insbesondere im Zusammenhang mit der Notwendigkeit, repräsentative Korpora aufzubauen, an denen Forschungsfragen untersucht werden können. In diesem Zusammenhang sollten Modelle geteilt und gegenseitig geprüft werden, sodass Wissensaufbau in der Fachdidaktik systematisiert wird. Die Infrastrukturen und die Anwendungen für diesen Transfer sind noch nicht vorhanden, sollten aber in entsprechenden Anträgen mitgedacht werden (DFG, 2019). NLP scheint aufgrund seiner grundlegenden Bedeutung dafür eine geeignete Plattform.

Literatur

Bengfort, B., Bilbro, R. & Ojeda, T. (2018). *Applied Text Analysis with Python. Enabling Language-Aware Data Pruducts with Machine Learning*. Sebastopol: O'Reilly.

Bird, S., Klein, E. & Loper, E. (2009). *Natural Language Processing with Python*. Beijing: O'Reilly.

Blei, D. M., Carin, L. & Dunson, D. (2012). Probabilistic topic models. *Communication of the ACM*, *55*(4), 77–84.

Blei, D. M., Ng, A. Y. & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, *3*(4-5), 993–1022.

Burstein, J. (2009). Opportunities for Natural Language Processing Research in Education. In A. Gebulkh (Hrsg.), *Springer lecture notes in computer science* (Bd. 5449, S. 6–27). New York , NY: Springer.

Carlson, J., Daehler, K., Alonzo, A., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A. et al. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge.* Singapore: Springer.

Chang, J., Boyd-Graber, J., Gerrish, S., Wang, C. & Blei, D. M. (2009). Reading tea leaves: How humans interpret topic models. In *Advances in Neural Information Processing Systems 22 - Proceedings of the 2009 Conference* (S. 288–296).

Chen, Y., Yu, B., Zhang, X. & Yu, Y. (2016). Topic modeling for evaluating students' reflective writing: A case study of pre-Service teachers' journals. In *ACM International Conference Proceeding Series* (S. 1–5).

DFG. (2019). *Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Kodex*.

Greene, D., O'Callaghan, D. & Cunningham, P. (2014). How Many Topics? Stability Analysis for Topic Models. In *European Conference on Machine Learning.* Verfügbar unter http://derekgreene.com/papers/greene14topics.pdf

Härtig, H., Fraser, N., Bernholt, S. & Retelsdorf, J. (2019). Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *8*(3), 231. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00105-7

Hume, A. (2009). Promoting higher levels of reflective writing in student journals. *Higher Education Research & Development*, *28*(3), 247–260.

Jurafsky, D. & Martin, J. H. (2014). *Speech and language processing* (Always learning, 2. ed., Pearson new internat. ed.). Harlow: Pearson Education.

Korthagen, F. A. (2005). Levels in reflection. core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching*, *11*(1), 47–71.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S. & Dean, J. (2013). Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. *NIPS*, *13,* 3111–3119.

Nehm, R. H. & Härtig, H. (2012). Human vs. Computer Diagnosis of Students' Natural Selection Knowledge: Testing the Efficacy of Text Analytic Software. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(1), 56–73. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9282-7

Nowak, A., Liepertz, S. & Borowski, A. (2018). Reflexionskompetenz von Praxissemesterstudierenden im Fach Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.* Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg.

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O. et al. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, *12,* 2825–2830.

Pennebaker, J. W., Boyd, R. L., Jordan, K. & Blackburn, K. (2015). *The Development and Psychometric Properties of LIWC2015*. Austin, TX: The University of Texas at Austin.

Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P. R.-J., van Tartwijk, J. & Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. *European Journal of Teacher Education*, *37*(3), 348–373. https://doi.org/10.1080/02619768.2014.892479

Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*. Berlin: Logos.

Schnotz, W. (2006). Was geschieht im Kopf des Lesers? Mentale Konstruktionsprozesse beim Textverstehen aus der Sicht der Psychologie und der kognitiven Linguistik. In H. Blühdorn, E. Breindl & U. W. Waßner (Hrsg.), *Text - Verstehen. Grammatik und darüber hinaus* (S. 222–238). Berlin: de Gruyter.

Sievert, C. & Shirley, K. (2014). LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics. In Association for Computational Linguistics (Hrsg.), *Proceedings of the Workshop on Interactive Language Learning, Visualization, and Interfaces* (S. 63–70).

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.

David Woitkowski Universität Paderborn
Christoph Vogelsang

Literaturliste: Zentrale Themen physikdidaktischer Forschung – Aktueller Stand der Arbeiten –

Prämissen des Projektes

Angeregt durch die Preisträgeransprache des GDCP-Ehrenmedaillienträgers 2017 (Schecker, 2018), möchten wir in diesem Projekt schlaglichtartig wichtige Stationen und Themen der Entwicklung unserer Disziplin – der Didaktik der Physik – sichtbar und z. B. für den interessierten wissenschaftlichen Nachwuchs nachvollziehbar machen. Wir gehen dabei davon aus, dass sich die Geschichte unserer Disziplin u. a. in zentralen Veröffentlichungen zeigt, die zu ihrer jeweiligen Zeit prägend für die fachdidaktische Forschung und Diskussion waren. Dabei muss klar sein, dass nicht alles, was damals relevant war, heute noch relevant ist. Es muss auch klar sein, dass im Rahmen dieses Projektes keine Vollständigkeit und aufgrund der Unterschiedlichkeit der Strömungen in der fachdidaktischen Community auch kein Konsens aller Beteiligten erreicht werden kann. Das Erstellen einer Liste von im historischen Kontext relevanter Originalliteratur ist für uns dennoch als Ressource für die eigene Weiterbildung und auch die physikdidaktische Identitätsbildung interessant. Es geht uns somit nicht um eine (wie auch immer geartete) offizielle oder für die wissenschaftliche Ausbildung verpflichtend zu lesende Liste, sondern um ein Angebot für Personen, die unser Interesse teilen. Wir streben explizit kein (weiteres) Einführungs-Lehrbuch an, sondern eine Ergänzung, die den Blick für die Entwicklung unserer Disziplin „weitet“ und dabei unterstützt, aktuelle Diskussionen mit Bezug zur historischen Entwicklung zu vertiefen.

Um die Liste hinreichend zu fokussieren, beschränken wir uns auf physikdidaktische Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum (und aus befragungspraktischen Gründen eher auf den Westen Deutschlands) und auf wenige, dafür kundig erläuterte Texte. Die Beschränkung auf historische oder zumindest ältere Texte sorgt für eine längere „Halbwertszeit“ der Liste – eine Forschungs-Literaturliste wie z. B. die von Duit (2006) aktuell zu halten liegt sicherlich außerhalb unserer Möglichkeiten. Die Konzentration auf die Physikdidaktik (statt einer gemeinsamen chemie- und physikdidaktischen Liste wie ursprünglich von uns angestrebt) musste aufgrund geringer Rückmeldung aus der Chemiedidaktik, die für uns als Physikdidaktiker aufgrund mangelnder Kenntnis des Feldes noch dazu schwierig zu interpretieren waren, aufgegeben werden.

Bisherige Arbeiten an der Liste

Zwischen den GDCP-Jahrestagungen in Regensburg (2017) und Kiel (2018) wurden zwei Online-Befragungen unter den promovierten GDCP-Mitgliedern durchgeführt. Die Ergebnisse wurden bei einem Workshop in Kiel diskutiert. Ein ausführlicher Bericht bis dorthin findet sich im letztjährigen Tagungsband (Woitkowski & Vogelsang, 2019).

Basierend auf den in Kiel geführten Diskussionen wurde eine erste Liste mit 10 zentralen Themen und 12 Originalquellen erstellt und 27 Expertinnen und Experten zum Kommentar vorgelegt. Die Expertinnen und Experten rekrutierten sich aus den Personen, die im Vorfeld Interesse am Literaturlistenprojekt bekundet, am Workshop oder den Online-Befragungen teilgenommen hatten oder von den Autoren als hinreichend erfahren eingeschätzt wurden. Die Fragen lauteten: Ist die Liste von Themen angemessen? Und: Haben Sie bessere Vorschläge für Originalquellen?

Auf Basis der 14 erhaltenen Rückmeldungen wurde die Liste überarbeitet. Mit einem umfangreichen Änderungslog wurden den Expertinnen und Experten die vorgenommenen Änderungen transparent begründet.

Anschließend wurden die Expertinnen und Experten wiederum um Stellungnahme gebeten. Die 11 erhaltenen Rückmeldungen waren hier sehr unterschiedlich – sowohl in ihrer Ausführlichkeit, als auch in der allgemeinen Einschätzung der Qualität der Liste.
Insgesamt 7 Personen halten die auf der Liste verzeichneten Themen für angemessen. 6 halten die ausgewählten Originalquellen für hinreichend repräsentativ. 3 Personen äußern (z. T. deutliche) Änderungswünsche. So ist der Literaturbefund weder beim Thema „Experimente“ noch bei „Natur der Naturwissenschaften“ zufriedenstellend, da die bisher verzeichneten Quellen relativ jung sind und es nicht plausibel ist, dass diese Themen nicht schon vorher (ggf. unter anderen Schlagworten) diskutiert würden. Bei der „Didaktischen Rekonstruktion“ wäre ein konkretes (und klar im Sinne der Originalautoren ausgearbeitetes) Beispiel wünschenswert. Weiterhin erscheint der fachlich-entwickelnde „Flügel“ der Physikdidaktik noch unterrepräsentiert.
3 Expertinnen und Experten teilen sichtlich nicht das Anliegen der Liste, wünschen sich z. B. aktuelle Literatur, Übersichts- und Lehrwerke oder andere Sekundärliteratur oder sehen die Physikdidaktik insgesamt nicht in ihrem Sinne repräsentiert. Als Autoren nehmen wir diese Opposition zur Kenntnis und verweisen auf unsere oben beschriebenen Ziele. Eine Liste wie die von Duit (2006) oder ein Lehrbuch (wie das von mehreren Expertinnen und Experten als für die weitere Entwicklung als wegweisend angegebene von Bleichroth et al., 1999) lag nie in unserer Zielvorstellung. Auch, dass die Art und Weise, wie sich unsere Disziplin in dieser Liste spiegelt, auf geteiltes Echo stößt hatte sich bereits im früheren Prozess gezeigt. Einen Konsens können wir hier – nicht zuletzt aufgrund der Unterschiedlichkeit der Positionen – jedoch wohl nicht herstellen.
Weitere 3 Expertinnen und Experten explizierten aus ihrer Sicht auftretende Probleme im Erhebungsprozess. Hier wurde noch einmal deutlich, dass die Autoren eben keine Historiker sind, denen historische Narrative sicherlich anders und auch besser zugänglich wären. Die Liste ist lediglich Ausdruck der Meinung und persönlichen Wahrnehmung der befragten Expertinnen und Experten, jedoch keine „endgültige Wahrheit“ über unsere Disziplin. Allerdings entspringen die in der Liste auftauchenden Lücken, Gräben und Abbrüche zumindest zu einem Teil auch dem tatsächlichen Stand der Disziplinwerdung der Physikdidaktik.

Vision von der Form der fertiggestellten Liste
Auf Basis der Diskussionen in beiden Workshops halten wir eine kundig erläuterte Literaturliste für ein gewinnbringendes Produkt. Diese Erläuterungen sollten dabei eine kritische Würdigung der verzeichneten Texte liefern. Das könnte z. B. wie im Beispiel in Abbildung 1 aussehen. Wichtig erscheint hier, dass einerseits Linien von damals bis heute gezogen werden, so dass deutlich wird, was aus den damaligen Veröffentlichungen heute noch relevant ist. Andererseits müssten Abbrüche und Neuanfänge ebenso thematisiert werden, wie nach wie vor ungeklärte Fragen. Diese einordnenden Texte sollten insgesamt helfen, die historische und gegenwärtige Bedeutung der verzeichneten Quellen für den interessierten Laien zu verdeutlichen und gegebenenfalls Ideen für weitere Auseinandersetzungen liefern können. Der Liste soll ein strukturierendes Vorwort vorangestellt werden, dass das Anliegen und die Entstehung der Liste in prägnanter Weise nachvollziehbar darstellt.

Themen des Workshops
Im Workshop auf der diesjährigen Jahrestagung wurde von den bisherigen Befragungen und deren Ergebnissen berichtet. Im Fokus der anschließenden Plenumsdiskussion standen dann vor allem zwei Themen.
Einerseits sollten die noch vorhandenen Lücken auf der Liste gefüllt werden. Hier wurden in der Diskussion weitere Literaturvorschläge gemacht, mit der wir hoffen, nun zumindest die verzeichneten Themen angemessen mit Literatur illustrieren zu können. Den damit erhaltenen Stand der Liste zeigt Tabelle 1.

Wagenscheins Ideen

Wagenschein (1968). Verstehen Lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch.
Muckenfuß (1996). Grundpositionen Wagenscheins – kritisch hinterfragt.

Was war damals relevant?
Hier ein kurzer Text, vielleicht eine halbe A4-Seite, was an Wagenscheins Ideen von genetisch-sokratische-exemplarischem Physikunterricht damals besonders war, warum er Aufmerksamkeit gewonnen hat und was davon prägend war. Dazu sollte vielleicht auch gehören, auf welche Vorläufer sich Wagenschein gestützt hat oder welche Ideen er neu in die Physikdidaktik eingebracht hat.

Was ist daraus geworden?
Hier ein weiterer kurzer Text, der darüber resümiert, was von Wagenscheins Ideen heute noch relevant ist. Wesentliches seiner Arbeit ist wohl eher historisch als aktuell relevant. Die Ideen hält z. B. Muckenfuß für in der Schulrealität prinzipiell nicht umsetzbar. Statt seines genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterrichtskonzepts sind andere Ansätze relevant geworden, auf die hier (vielleicht auch mit kurzem Verweis auf andere Teile der Liste oder auf Literatur) hingewiesen werden sollte.

Abb 1.: Vision einer möglichen Präsentationsform eines Themas der Literaturliste.

Schwieriger war die Diskussion des Publikationsformates der Liste. Eine „kleine“ Publikation (z. B. als PDF im Internetangebot unserer eigenen Arbeitsgruppe) hätte nur geringe Reichweite und wäre eventuell nicht allzu lange zuverlässig verfügbar. Eine dauerhafte Erreichbarkeit ließe sich hingegen mit der Publikation in einer Zeitschrift erreichen. Hier stellt sich jedoch die Frage, ob eine solche Liste in den Fokus einer Zeitschrift passen könnte. Zwei Möglichkeiten wurden angeregt: Einmal die Publikation des Erhebungsprozesses als Forschungsarbeit mit der Literaturliste als digitale Beigabe im Anhang. Oder die (Neu- oder Wieder-)Etablierung einer Kommentar- oder Meinungsrubrik in einer der vorhandenen Zeitschriften, in der auch die Publikation von Antworten, Meinungen oder weiterer Diskussionsbeiträgen zur Liste möglich gemacht werden könnte. Eine „große“ Publikation in Form eines Heftes bei einem Wissenschaftsverlag wäre wohl ohne externes Review möglich, es stellt sich aber die Frage, ob dies das richtige Format für vielleicht nicht mehr als 20 Seiten Text wäre. Als weiteres Problem wurde die Zugänglichkeit der verzeichneten Originalquellen genannt. Hier einen Zugang zu gewährleisten ist aber weder Ziel unseres Projekts, noch liegt es in unseren Möglichkeiten.

Ausblick
Wir planen, die Arbeiten an der Literaturliste im kommenden Jahr fertigzustellen. Der Inhalt der Liste konvergiert zusehends, die Grenzen des Verfahrens aber auch des abgebildeten Teils der Physikdidaktik sind uns deutlich genug, um abzuschätzen, dass ein gewisses erreichbares Optimum demnächst vorliegen dürfte. In den nächsten Monaten werden wiederum Expertinnen und Experten angefragt, um die einordnenden Texte für die verzeichneten Themen zu verfassen. Parallel dazu werden wir an Herausgeber von Zeitschriften und anderen Publikationsmöglichkeiten herantreten um die Publikationsfrage klären zu können. Einen weiteren Workshop auf der GDCP-Jahrestagung 2020 planen wir aktuell nicht.

Danksagungen
Wir möchten an dieser Stelle allen Expertinnen und Experten für Ihre Teilnahme und Ihre Rückmeldung danken. Ebenso danken wir allen Teilnehmenden des Workshops für viele hilfreiche Anregungen und eine konstruktive Diskussion.

Zentrale Themen	**Ausgewählte Originalquellen**
Begründung und Ziele von Physikunterricht	Kerschensteiner, G. (1914). *Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts* (4. Aufl. 1952). München, Düsseldorf: Oldenbourg. Häußler, P. et al. (1988). *Physikalische Bildung für heute und morgen - Ergebnisse einer curricularen Delphi-Studie*. Kiel: IPN (116)
Bildungstheoretische Zugänge	Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen. Klafki, W. (1996). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
Wagenscheins Ideen	Wagenschein, M. (1968). *Verstehen Lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch*. Weinheim, Basel: Beltz. Muckenfuß, Heinz (1996). Grundpositionen Wagenscheins – kritisch hinterfragt. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht. 49*(8), 455–462
Erkenntnis-theoretische und empirische Fundierung	Jung, W. (1979). *Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie*. Frankfurt a.M.: Diesterweg. Duit, R. (1994). Empirische Forschung in der Physikdidaktik - Versuch einer Standortbestimmung. In H. Behrendt (Hrg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der GDCP-Jahrestagung in Kiel* 1993 (S. 87-105). Alsbach: Leuchtturm.
Interessen-forschung	Hoffmann, L., Häußler, P., Lehrke, M. (1998): *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN Hoffmann, L., Häußler, P., Peters Haft, S. (1997): *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: IPN
Konstruktivistisches Verständnis von Wissensaufbau	Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik 41*(6), 905–923
Fachliche Orientierung	Faraday, M. (1861). A Course of Six Lectures on the Chemical History of a Candle. Harper & Brothers, New York. [WS] Muckenfuß, H. & Walz, A. (1997). Neue Wege im Elektrikunterricht. (2. überarbeitete Aufl.) Köln: Aulis-Deubner. [WS]
Schüler-vorstellungen	Jung, W. (1978). Zum Problem der "Schülervorstellungen". *physica didactica, 5*, 125-146. Schecker, H. (1985): *Das Schülervorverständnis zur Mechanik - eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte*. Universität Bremen.
Didaktische Rekonstruktion	Kattman, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN, 3*(3), 3-18. Duit, R., Komorek, M., Wilbers, J. (1997). Studien zur Didaktischen Rekonstruktion der Chaostheorie. *ZfDN, 3*(3), 19-34. [WS]
Experimente	Jung, W. (1979). *Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie*. Frankfurt a.M.: Diesterweg. [WS] Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *ZfDN, 10*(10), 51–69.
Natur der Naturwissenschaften	Kircher, E. (1995). *Studien zur Physikdidaktik*. Kiel: IPN [WS] Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.

Tab. 1: Aktueller Stand der Literaturliste.
Literaturvorschläge aus dem Workshop sind mit [WS] markiert.

Literatur

Bleichroth, W., Dahncke, H., Jung, W., Kuhn, W., Merzyn, G. & Weltner, K. (1999). *Fachdidaktik Physik* (2., überarb. und erw. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Duit, R. (2006). Quellen für physikdidaktische Forschung. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 5*(1), 1-8.

Schecker, H. (2018). Dankadresse anlässlich der Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht. Normative und empirische Dimensionen* (S. 38–41). Regensburg: Universität Regensburg.

Woitkowski, D. & Vogelsang, C. (2019). Literaturliste: Grundlegende Texte der Didaktik der Chemie und Physik: Aktueller Stand der Arbeiten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 48–53). Regensburg: Universität Regensburg.

Susanne Metzger[1]
Anja Lembens[2]
Julia Arnold[1]

[1]Pädagogische Hochschule FHNW
[2]Universität Wien

Praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten im Spannungsfeld der Disziplinen

Für das praktische naturwissenschaftliche Arbeiten werden in den Unterrichtsfächern und Fachdidaktiken Biologie, Chemie, Physik und Sachunterricht zwar oft die gleichen Begriffe verwendet, das (normative) Begriffsverständnis scheint aber sehr divers. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass Forschungsergebnisse nicht vergleichbar sind oder normative Kompetenzerwartungen („experimentelle Kompetenzen“) uneinheitlich interpretiert werden. Im Workshop wurden verschiedene Begriffe zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten analysiert und diskutiert.

Praktisches naturwissenschaftliches Arbeiten

Unbestritten sind Methoden der Erkenntnisgewinnung zentral in den Naturwissenschaften und damit auch im naturwissenschaftlichen Unterricht (z.B. Bybee, 2006; Emden, Bewersdorff & Baur, 2019). Aber in der naturwissenschaftlichen Bildung gibt es zum einen unterschiedliche Terminologien und Taxonomien (Arnold, 2015; Rieß, Barzel, & Wirtz, 2012; Wellnitz, 2012; Wilhelm & Kunz, 2016), zum anderen verschiedene Arten von Untersuchungsmethoden zur Wissensgenerierung, die unterschiedliche Ziele verfolgen und unterschiedliche Anforderungen an Lernende stellen (Wellnitz & Mayer, 2013). Sich für eine einzige Taxonomie zu entscheiden, ist schwierig, da auch jede dieser Taxonomien mit unterschiedlichen Zielen verbunden ist (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012). Die Heterogenität bei den Begriffen zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten wird auch in Lehrplänen und Bildungsstandards in Deutschland, Österreich und der Schweiz deutlich; in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Deutschland z.B. auch zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern (Tabelle 1).

Die uneinheitliche Verwendung der Begriffe zum praktisch naturwissenschaftlichen Arbeiten kann zu Verwirrung und Missverständnissen führen und so den Fortschritt in der Forschung behindern (Höttecke & Rieß, 2015; Wilhelm & Kunz, 2016; Wellnitz & Mayer, 2013). Dennoch wurden bis dato weder verschiedene Begriffsverständnisse systematisch erforscht noch mögliche Ursachen für die uneinheitliche Verwendung der Begriffe analysiert, die eine evidenzbasierte Taxonomie der verschiedenen Begriffsverständnisse ermöglichen würden.

Um den Fragen nachzugehen, welche Begriffsverständnisse im deutschsprachigen Raum bestehen, ob das vorherrschende Begriffsverständnis spezifisch für verschiedene Gruppen (Disziplinen, Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Unterricht) ist, welche Probleme mit unterschiedlichen Begriffsverständnissen assoziiert werden und wie sich daraus ergebenden Problemen entgegengewirkt werden könnte, wurde unter anderem dieser Workshop lanciert.

BIOLOGIE	CHEMIE	PHYSIK
Die Biologie nutzt die **kriterienbezogene Beobachtung** von biologischen Phänomenen, das **hypothesengeleitete Experimentieren**, das **kriterienbezogene Vergleichen** und die **Modellbildung** als grundlegende wissenschaftsmethodische Verfahren. Beim hypothesengeleiteten Arbeiten gehen die Schülerinnen und Schüler in drei Schritten vor. […] Sie wenden dabei in der Biologie bestimmte Arbeitstechniken an wie das **Mikroskopieren**, das **Bestimmen** oder das Auszählen von Lebewesen. […]	Grundlage für das Erschließen von Erkenntnissen ist die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die für den zu bearbeitenden Sachverhalt bedeutsamen und durch das Fach Chemie beantwortbaren Fragestellungen zu erkennen sowie geeignete **Untersuchungsmethoden** anzuwenden. […] Das **Experiment** hat dabei zentrale Bedeutung.	Physikalische Erkenntnisgewinnung ist ein Prozess, der durch folgende Tätigkeiten beschrieben werden kann: - **Wahrnehmen** […] - **Ordnen** […] - **Erklären** […] - **Prüfen** […] - **Modelle bilden** […] Eingebettet in den Prozess physikalischer Erkenntnisgewinnung sind das **Experimentieren** und das Entwickeln von Fragestellungen wesentliche Bestandteile physikalischen Arbeitens.

Tabelle 1: Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in Deutschland (KMK, 2005)

Methode

Am Workshop nahmen Biologie-, Chemie-, Physik-, Sachunterrichts- und Technikdidaktikerinnen und -didaktiker aus Deutschland, Österreich und der Schweiz teil (eine Liste der Teilnehmenden findet sich am Ende dieses Beitrags). Nach einer kurzen Einführung in die Problemstellung wurde in Gruppen von je vier Personen zu je vier Begriffen gearbeitet. Die Begriffe wurden im Umlaufverfahren beschrieben bzw. die Beschreibungen ergänzt oder schriftlich kommentiert (Placemat-Methode). Da die Diskrepanzen für die Beschreibung und Verwendung von Begriffen zu Arbeitstechniken (Mayer, 2007), wie zum Beispiel Messen oder Mikroskopieren, wesentlich geringer scheinen als zu Untersuchungsmethoden zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragen im Rahmen des hypothetisch-deduktiven Verfahrens (Kremer et al., 2012), wurde im Workshop auf letztere fokussiert. Die Auswahl der Begriffe erfolgte auf Basis deutscher, österreichischer und Schweizer Lehrpläne und Bildungsstandards. Abschließend wurden die Ergebnisse der (verschriftlichten) Gruppendiskussionen im Plenum besprochen. Im Nachgang an den Workshop wurden die Schriftstücke unter Einbezug von Notizen aus dem Plenumsgespräch ausgewertet und kategorisiert.

Ergebnisse des Workshops

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung der Begriffsverständnisse dargestellt.

Betrachten

ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Einig sind sich die Gruppen, dass beim Betrachten bewusst wahrgenommen wird, „was etwas ist“ bzw. „wie etwas ist“. Dabei können sowohl statische Zustände als auch Veränderungen in den Blick genommen werden. Diese Handlung kann sowohl zur Erkenntnisgewinnung als auch zur reinen Erbauung dienen. Kontrovers wird diskutiert, ob es rein visuell, ohne Hilfsmittel (Mikroskop, Lupe) oder auch unter Zuhilfenahme von Messinstrumenten erfolgen kann; andere Gruppen diskutieren, ob eine Betrachtung neben der visuellen Wahrnehmung auch andere Sinne mit einbeziehen kann.

BEDINGUNGEN: Betrachtet wird in biologischen Kontexten häufig, in physikalischen eher nicht. Die Eigenschaften des Gegenstandes sollen beim Betrachten nicht verändert werden, es findet demnach keine Beeinflussung statt, insofern hat der/die Betrachter*in einen gewissen

Abstand und ist eher passiv. Uneinigkeit herrscht darüber, ob Betrachtungen auch kriteriengeleitet oder mit einer konkreten Fragestellung stattfinden können, oder immer unvoreingenommen stattfinden und von unstrukturierter Natur sind. Das Betrachten kann zur Generierung von Fragen und/oder Hypothesen führen. Eine Gruppe diskutiert kontrovers einen sprachlichen Bezug, in dem eine Betrachtung zu einer schriftlichen oder mündlichen Beschreibung führt oder gar selbst eine sprachliche Handlung ist.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Es wird eine aufsteigende Linie vom Ansehen über das Betrachten zum Beobachten gezeichnet, wobei ausdrücklich (noch) keine Interpretation des Betrachteten vorgenommen wird/werden soll.

Beobachten
ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Beim Beobachten werden Sachverhalte, Experimente, Phänomene, Situationen, Prozesse und zeitliche Veränderungen bewusst wahrgenommen, wobei für fast alle Gruppen visuelle, akustische und fühlende Wahrnehmung sowie zum Teil auch Hilfsmittel eingeschlossen sind. (Anm.: Bei der Aufzählung dessen, was beobachtet wird, wird der Vielfalt der Nennungen aus den Gruppen Rechnung getragen, wobei fast immer explizit die Prozesshaftigkeit genannt wird). In der Diskussion im Plenum wird zudem genannt, dass es beim Beobachten darum ginge, Korrelationen festzustellen.
BEDINGUNGEN: Fast alle Gruppen schreiben auf, dass das Beobachten kriteriengeleitet erfolgen müsse. Eine Gruppe, die dies nicht erwähnt, schreibt entsprechend, dass Beobachtungen subjektiv sein können, während eine andere Gruppe explizit schreibt, dass die Beobachtung objektiv erfolgen müsse. Für zwei von fünf Gruppen ist es wichtig, die Beobachtung von der Deutung und der Interpretation zu trennen.
UNTERSCHIEDLICHE BEDEUTUNGEN: Zum einen wird Beobachten als eigenständige Methode angesehen (vor allem in der Biologie), zum anderen als Teil des Experimentierprozesses (vor allem in der Physik) oder als Teil anderer Untersuchungsmethoden.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Von den meisten Gruppen wird beschrieben, dass sich das Beobachten vom Betrachten dadurch abgrenzt, dass dynamische Prozesse beobachtet und statische Szenarien betrachtet werden. Eine Gruppe weist explizit darauf hin, dass Beobachten und Messen nicht dasselbe ist. Eine andere Gruppe grenzt das Beobachten als willkürliches Schauen auf etwas vom Untersuchen (als gezieltes Schauen) ab.

Vergleichen
ZIEL: Das Vergleichen wird in den Gruppen beschrieben als Tätigkeit zur Identifizierung von Eigenschaften, zur Erfassung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden und zur Generierung von relationalen Aussagen (z.B. größer – kleiner; mehr – weniger). Dabei wird diskutiert, inwiefern eine Kategorien- oder Gruppenbildung mit inbegriffen wird.
KRITERIENORIENTIERUNG: Es besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass der Vergleich kriterienorientiert und stattfindet und jeweils ein Kriterium (mit mehreren Ausprägungen) nach dem anderen fokussiert wird (= kriteriensteter Vergleich). Dabei sind Diskussionspunkte, inwiefern das Kriterium vor dem Vergleich feststehen muss (eine vergleichende Betrachtung kann zur Identifizierung der relevanten Kriterien führen, wobei dies auch erst als Anlass zum Vergleich gesehen werden kann) und inwiefern mehrere Kriterien innerhalb eines Vergleichs herangezogen werden können (hier wurde dann zwischen Mikroprozess und Makroprozess, der quasi eine Sequenz von Vergleichen darstellt, unterschieden).
VERGLEICHSOBJEKTE: In den Gruppen wird beschrieben, was verglichen werden kann, wie z.B. Größen, Dimensionen (Werte, Daten, Dinge, Farben, …), Objekte, Phänomene, Gegenstände, Lebewesen, Messwerte, Verfahren und Modelle oder auch Ergebnisse und Beobachtungen aus Versuchen und Experimenten, die mit einem Modell (hier waren vermutlich auch Hypothesen gemeint) verglichen werden. Dabei identifizieren zwei Gruppen verschie-

dene Ebenen, auf denen verglichen werden kann: Gegenstandsebene, Modellebene, mathematische, visuelle, funktionelle und praktische Ebene. Einigkeit besteht darin, dass zwei Objekte miteinander verglichen werden, diskutiert wird, inwiefern auch mehr Objekte verglichen werden können.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Zur Abgrenzung zum Ordnen wird diskutiert, inwiefern der Einbezug von mehr als zwei Objekten zum Ordnen führt. Ebenfalls wird angemerkt, dass ein Vergleich zum Ordnen führen kann, wenn mehrere Kriterien oder Objekte herangezogen werden. Es wird angemerkt, dass beim Vergleichen auch beobachtet werden muss und in Bezug auf die Vergleichsobjekte wird deutlich, dass auch innerhalb eines Versuchs/Experiments verglichen wird. Es wird angemerkt, dass beim Vergleichen die Objekte nicht variiert werden und der Vergleich möglichst kontrolliert ablaufen sollte (hier wird die Abgrenzung zum Experiment als schwierig angesehen).

Ordnen
ZIEL und BEGRIFFSWEITE: Ziel des Ordnens ist es, etwas durch Vergleichen in ein System einzusortieren. Dadurch können auch Erkenntnisse gewonnen werden. Von Gedanken über Messwerte bis hin zu Gegenständen/Lebewesen kann alles geordnet werden.
BEDINGUNGEN: Verschiedene Objekte werden nach Merkmalen (Ähnlichkeit oder Verschiedenheit) geordnet, wodurch diese speziellen Merkmale herausgestellt werden. Die Merkmale können qualitativ oder quantitativ sein. Die Kriterien für das Ordnungssystem können theoriegeleitet oder induktiv gewonnen werden. Es wird diskutiert, ob auch Prozesse geordnet werden können.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Notwendige Vorstufen zum Ordnen sind das Untersuchen und das Vergleichen.

Experimentieren
ZIEL und BEGRIFFSWEITE: Als Ziel des Experimentierens wird angeführt, dass es der Erkenntnisgewinnung und der Untersuchung der Wirkung einer unabhängigen Variablen auf eine oder mehrere abhängige Variable(n) und somit der Beschreibung von Kausalzusammenhängen dient. Es wird aber auch beschrieben, dass das Experiment die Gesamtheit verschiedener Schritte (Fragestellung, Hypothese etc.) ist und es in der Schule auch als „Erziehungsmittel“ dienen kann. In einer Gruppe wird angemerkt, dass es sich eher um Tätigkeiten von Fachwissenschaftler*innen handelt, die in der Schule nur in den seltensten Fällen möglich sind. In einer Gruppe wird das Experiment als Untersuchungsmethode von Denkweisen (wie z.B. das Formulieren von Fragestellungen) differenziert. Auch wird angemerkt, dass ein Experiment in der Technik zur Untersuchung von Zweck-Mittel-Relationen im Gegensatz zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen herangezogen wird.
VORGEHEN: Beim Vorgehen wird die Variablenkontrollstrategie genannt und diskutiert, inwiefern alle aufgeführten Schritte (Denkweisen) benötigt werden und ob ungeplante Experimente oder Gedankenexperimente in solche Beschreibungen einbezogen werden können. Ausserdem wird diskutiert, ob ein Experiment immer zwingend eine Hypothese voraussetzt.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: In Bezug auf die Anwendung in der Schule wird angesprochen, dass in der Schule Experimente eher unmöglich seien und daher eher Versuche durchgeführt werden. Ferner wird in einer Gruppe das Experiment als Methode zur Untersuchung von Kausalitäten von der Beobachtung, die der Untersuchung von Korrelationen dient, abgegrenzt. In der Diskussion wird deutlich, dass auch beim Experimentieren beobachtet wird, und „Experimentieren“ auch häufig synonym mit praktischem Arbeiten verwendet wird.

Versuche durchführen
BEGRIFFSWEITE: Es wird angemerkt, dass „Versuche durchführen“ ein „unscharfer Begriff“ sei, was sich in der Begriffsbreite zeigt. Die Beschreibungen reichen von einer Tätigkeit, die der Gewinnung von Erkenntnissen oder Einsichten dient bis zur Auflistung von Schritten des wissenschaftlichen Arbeitens (hier fällt auf, dass im Gegensatz zum Experiment auch Phasen des Brainstormings sowie Auf- und Abbau des Versuchs und die Entsorgung aufgezählt werden). Einmal wird der koordinierte Versuch, der die Durchführung einer Anleitung darstellt, von einem unkoordinierten Versuch, der synonym zu „etwas ausprobieren“ verwendet wird, unterschieden.
ZIEL: Als Ziele des Versuchs werden das Entdecken von Phänomenen und die Veranschaulichung (im Gegensatz zum Experiment, das der Erkenntnisgewinnung dient) als didaktische Methode genannt.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Einerseits wird der Versuch mit dem Explorieren gleichgesetzt, aber hauptsächlich wird der Versuch vom Experiment abgegrenzt. Einerseits wird er als Teil des Experiments gesehen, andererseits wird er als Methode zur Identifizierung von Korrelationen im Gegensatz zum Experiment (Kausalitäten) oder als weniger aufwändig und kurzfristiger als das Experiment beschrieben.

Untersuchen
ZIEL UND BEGRIFFSWEITE: Bezüglich der Beschreibung, was Untersuchen ist, ergibt sich ein sehr heterogenes Bild (dies ist wohl vor allem der Tatsache geschuldet, dass in einigen Gruppen Unsicherheit herrscht, was denn überhaupt Untersuchen ist): von Arbeitsweise und Erkundungsform bis hin zu Überbegriff des Experimentierens oder für scientific inquiry.
VORGEHEN: Auch hier zeigt sich zwischen den Gruppen und zum Teil auch innerhalb der Gruppen ein sehr heterogenes Bild. Genannt werden beispielsweise: Eingriff in den Bau, nicht aber in die Funktion von Objekten, Phänomene entdecken, einen Gegenstand „befühlen“, einen Zusammenhang genauer betrachten und z.B. Unterschiede im Zeitverlauf bemerken, Durchführung von Experimenten und/oder Versuchen, um eine Beobachtung oder Hypothese zu bestätigen oder zu widerlegen (also der praktische Teil des Experiments/Versuchs), Eingriff des Untersuchenden in natürliche Prozesse, zum Teil unter Zuhilfenahme von Geräten, Parameteränderungen und Variablenkontrolle, „sezierende“ Betrachtung eines Objekts/Gegenstands (explizit kein Prozess), hypothesenkonforme, systematische Variablenmanipulation/-kontrolle.
BEZUG ZU ANDEREN ARBEITSWEISEN: Neben der bereits erwähnten Definition von Untersuchen als Überbegriff wird explizit genannt, dass das Beobachten und Experimentieren Teile von Untersuchen seien, auch wenn es große Ähnlichkeiten zwischen dem Experimentieren und dem Untersuchen gäbe.

Ausblick
Nachdem der Workshop und die Teilnehmenden den Eindruck bestätigen, dass zu den Begriffen zum praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten Forschungsbedarf besteht, werden Interviews mit kontrastierend ausgewählten Personen (Expert*innen für praktische naturwissenschaftliche Arbeitsweisen aus dem Bereich der Naturwissenschaftsdidaktiken versus „Nicht-Expert*innen“, also Personen, die sich nicht explizit mit diesen Themen auseinandersetzen) geführt. Diese Interviewdaten werden kodiert und unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Workshops mit dem Ziel der Konsensfindung und Identifizierung relevanter Unterkategorien diskutiert. Daraus werden Aussagen für Items für eine quantitative Erhebung zur Beantwortung folgender Fragen abgeleitet: Inwiefern lassen sich die unterschiedlichen Begriffsverständnisse durch die wissenschaftliche Referenzdisziplin oder das Herkunftsland erklären? Welche Kernaspekte lassen sich für die jeweilige Wissensmethode identifizieren?

Dank
Ein herzliches Dankeschön für die aktive Mitwirkung an die Teilnehmenden des Workshops im Rahmen der Tagung der GDCP und der FDdB am 11.09.2019 an in Wien:
Bohn, Marcus (PH Heidelberg); Boyer, Lina (Universität Duisburg-Essen); Emden, Markus (PH Zürich); Ermel, Dorothee (RWTH Aachen); Fühner, Larissa (WWU Münster); Furrer, Florian (PH Zürich); Hiniborch, Julia (Uni Hannover); Hoesli, Matthias (PH Luzern); Holz, Christoph (WWU Münster); Kaiser, Nanni (PH Heidelberg); Koenen, Jenna (TU München); Kramp, Bianca (WWU Münster); Krebs, Ann-Kathrin (PH Schwäbisch Gmünd); Kriegl, Elena (Universität Wien); Lholky, Johannes Frank (Uni Mainz); Möhrke, Philipp (Uni Konstanz); Murer, Livia (PH Zürich), Ortiz, Christian D. (PH Heidelberg); Pfläging, Marisa (Uni Potsdam); Schmid, Andrea (PH Luzern); Schwanke, Hagen (Uni Würzburg); Seiter, Marco (Ruhr-Universität Bochum); Skorselz, Nina (Uni Frankfurt); Voigt, Julia (FU Berlin); Vorholzer, Andreas (JLU Giessen); Wörner, Salome (IWM Tübingen).

Literatur

Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.

Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 103-128). Münster: Waxmann.

Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (S. 1-14). Dordrecht: Springer.

Emden, M., Bewersdorff, A. & Baur, A. (2019). Kann Experimentieren in der Schule bilden? Ein Beitrag zur Legitimation eines selbstverständlichen Gegenstandes des Naturwissenschaftsunterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik, 65 (5),* 710-729.

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21*, 127-139.

KMK – Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss Biologie, Chemie, Physik*. Neuwied: Luchterhand.

Kremer, K., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Assessment of Standard-based Learning Outcomes in Science Education: Perspectives from the German Project ESNaS. In S. Bernholt, K. Neumann, & P. Nentwig (Hrsg.), *Making It Tangible - Learning Outcomes in Science Education* (S. 217-235). Münster: Waxmann.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin: Springer.

Rieß, W., Barzel, B. & Wirtz, M. (2012). Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht – Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 7-13). Münster: Waxmann.

Wellnitz, N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In D. Krüger, A. Upmeier zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg 7*. Kassel: Universitätsdruckerei.

Wilhelm, M., & Kunz, P. (2016). Praktisch-naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht. In S. Metzger, C. Colberg & P. Kunz (Hrsg.), *Naturwissenschafts-didaktische Perspektiven. Naturwissenschaftliche Grundbildung und didaktische Umsetzung im Rahmen von SWiSE* (S. 126-140). Bern: Haupt.

Ingrid Krumphals[1] [1]Universität Graz
Thomas Plotz[2] [2]Universität Wien
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

Schülervorstellungen in den Naturwissenschaftsdidaktiken

Problemaufriss

Der Begriff Schülervorstellung ist mittlerweile in der Fachdidaktik Physik nicht mehr wegzudenken. Nicht nur in der Forschung, sondern auch in der physikdidaktischen Lehre bildet dieser Begriff eine fundamentale Basis, um Lehr- und Lernprozesse in Physik beschreiben und verstehen zu können. Nichtsdestotrotz spiegelt sich in der Literatur keine stringente Definition des Begriffs wider (Plotz et al. 2019, Rath 2017). Dies führt offensichtlich auch in der physikdidaktischen Lehre zu verschiedenen Interpretationen und Nuancen in der Verwendung des Begriffs Schülervorstellung. In weiterer Folge kann nun diese fehlende stringente Definition in der Lehre zu Verständnisproblemen bei Physiklehramtsstudierenden führen, sodass auch teils ungewollte Vorstellungen über die Bedeutung des Begriffs Schülervorstellen entwickelt werden (Plotz et al. 2019). Um diesen ungewollten Vorstellungen entgegenzuwirken ist ein Schritt, eine für die Lehre greifbare und angemessene Definition des Begriffs Schülervorstellungen zu finden. In einer Delphi-Studie in der Physikdidaktik wird diesem Desiderat nachgegangen (Plotz et al. 2019).

Delphi-Studie

Die Delphi-Studie zum Begriff Schülervorstellung ist an alle deutschsprachigen ProfessorInnen und Post-DoktorandInnen der Physikdidaktik gerichtet. Primäres Ziel ist herauszufinden, ob von der Community die Notwendigkeit einer Definition für Forschung und Lehre gesehen wird und ob eventuell eine implizite Definition innerhalb der Community bereits existiert. Die Delphi-Studie folgt einem klassischen Delphi-Befragungsdesign (Häder, 2014). Insgesamt umfasst sie drei Befragungsrunden, um systematisch ExpertInnenmeinungen zu erheben. Derzeit werden die in der zweiten Befragungsrunde der Delphi-Studie gesammelten Daten ausgewertet.

An der ersten Befragungsrunde, in der hauptsächlich offene Fragen gestellt wurden, nahmen in Summe 27 ExpertInnen aus der Physikdidaktik teil. Es zeigte sich ein diverser Umgang mit dem Begriff Schülervorstellung in der Community, was sowohl die Frage der Notwendigkeit als auch die Definition des Begriffs für die Lehre betrifft. Ein wichtiges Zwischenergebnis in dieser Runde war, dass in der Physikdidaktik offensichtlich Begrifflichkeiten, wie bspw. Alltagsphantasie, keine Verwendung finden. Vor allem letzteres Ergebnis könnte domänenspezifisch für die Physikdidaktik gelten.

In einer zweiten Befragungsrunde, in der vorwiegend geschlossene Fragen Verwendung fanden, wurden den ExpertInnen größtenteils Statements über Charakteristika von Schülervorstellungen vorgelegt, die aus den Antworten der ersten Befragungsrunde abgeleitet worden waren. Die ExpertInnen bewerteten die inhaltliche Angemessenheit dieser Statements. Außerdem wurde nach einer konkreten Abgrenzung von Begrifflichkeiten wie bspw. Alltagsvorstellung, Präkonzept, etc. vom Begriff Schülervorstellung gefragt.

Die Stichprobenzahl verdoppelte sich in dieser Runde auf N = 53 und etwa zwei Drittel (N = 33) sehen nun die Notwendigkeit einer Begriffsdefinition für Forschung und Lehre. In der zweiten Befragungsrunde wird vor allem deutlich, dass sich die Abgrenzung der einzelnen Begrifflichkeiten als Schwierigkeit für die ExpertInnen herausstellt.

Insgesamt konnte aus den Ergebnissen der ersten und zweiten Befragungsrunde ein erstes Modell von Kern- und Unteraspekten einer Definition des Begriffs Schülervorstellungen für die Lehre (siehe Abbildung 1) extrahiert werden. Dieses Modell umfasst Kernaspekte wie die Quelle, die Angemessenheit und die Auswirkung (bspw. fachliche Lernprozesse) einer Schülervorstellung.

Abb. 1: Aus den Ergebnissen extrahierte Kern- und Unteraspekte des Begriffs Schülervorstellung

Konkret bleiben aber nach diesen zwei Befragungsrunden zwei Kernfragen offen: Welche Aspekte des Begriffs Schülervorstellungen sind im Delphi-Prozess in den Hintergrund getreten und müssen unbedingt noch in eine Definition aufgenommen werden und welchen Grad an Gültigkeit haben bzw. wie anschlussfähig sind die Ergebnisse über die Grenzen der Physikdidaktik hinaus zu anderen Naturwissenschaftsdidaktiken wie Biologie und Chemie.

Workshop im Rahmen der GDCP Tagung

Die oben beschriebene Delphi-Studie trägt zur Klärung der Verwendung des Begriffs Schülervorstellungen vor allem für die physikdidaktische Lehre und auch für die Forschung bei. Eine Diskussion darüber, wie dieser Begriff in anderen Naturwissenschaftsdidaktiken verwendet wird, kann einerseits einen wesentlichen Beitrag zur Diskussion dieses Begriffs in der Physikdidaktik leisten und andererseits einer Anschlussfähigkeit in Bezug auf andere Naturwissenschaftsdidaktiken förderlich sein. Die GDCP Tagung in Wien bot durch die parallele Jahrestagung mit der Fachdidaktik Biologie (FDdB) eine seltene Gelegenheit, ExpertInnen aus drei Naturwissenschaftsdidaktiken gemeinsam an einem Ort zu haben. Diese Gelegenheit wurde genutzt, um die Ergebnisse der Delphi-Studie zu Schülervorstellungen im Rahmen eines Workshops mit ExpertInnen aus allen drei Naturwissenschaftsdidaktiken – Biologie, Chemie und Physik – zu diskutieren.

Ziel des Workshops

Der Workshop verfolgte das Ziel, herauszufinden, ob und ggf. welche community-spezifischen Ausprägungen bzw. Verwendungsarten des Begriffs Schülervorstellungen es in den drei Naturwissenschaftsdidaktiken – Biologie, Chemie und Physik – gibt. Zudem sollten generierte Statements aus den ersten beiden Phasen der Delphi-Studie für den Kontext Lehre in Bezug auf Konsensfähigkeit in der Naturwissenschaftsdidaktik-Community diskutiert werden. Des Weiteren sollten die grundsätzlichen Möglichkeiten einer konsensfähigen Definition des Begriffs Schülervorstellungen für physikdidaktische Ausbildung und Lehre ausgelotet werden. Die Ergebnisse des Workshops werden von den AutorInnen in der dritten Befragungsrunde berücksichtigt und stellen im Gesamtbild der Studie einen ergänzenden Teilaspekt dar.

Ablauf und Ergebnisse des Workshops

Der zweistündige Workshop startete mit einer kurzen Einführung, in der Motivation und grober Ablauf der Delphi-Studie vorgestellt wurden sowie die Herangehensweise der intendierten Begriffsklärung aus Sicht der allgemeinen Definitionslehre. Der grundsätzliche Zweck der Definition, die innerhalb der Delphi-Studie ausgehandelt werden soll, liegt darin, konkret zu beschreiben, was der Begriff Schülervorstellung umfasst sowie ihn von anderen Begriffen abzugrenzen (vgl. z.B. Morscher 2017). Somit wurde geklärt, dass nach einer zwar expliziten, aber nicht formallogischen Definition im mathematischen Sinne gesucht wird.

Nach dieser kurzen Einführung folgten unterschiedliche Arbeitsphasen. In der ersten Arbeitsphase wurden Kernaspekte und Unteraspekte einer Begriffsdefinition zu

Schülervorstellung zuerst von jedem/r Teilnehmer/in selbstständig im Modell (Abb. 1) ergänzt bzw. verändert und anschließend in Gruppen von vier bis fünf Personen – möglichst gemischt aus allen drei Fachdidaktiken – diskutiert und zu einer gemeinsamen Abbildung zusammengeführt. In einer anschließenden Plenumsphase wurden die wichtigsten Erkenntnisse gesammelt, wobei hier einige Punkte exemplarisch genannt werden:

- Die Frage nach der Rolle der Alltagsphantasie und der Didaktischen Rekonstruktion wurde aus dem Bereich der Biologiedidaktik gestellt und ist noch offen.
- Selbst- und Weltbild wurde zusätzlich als hinter dem Modell liegend und als besonders wichtige Sichtweise ergänzt.
- Die Fragen nach dem gesellschaftlichen und kulturellen Rahmen, in dem der Begriff gedeutet werden soll, sowie externale oder internale Ursachen (als Quellen) wurden aufgeworfen.
- Kernaspekte wie die Folgen für den Umgang mit SchülerInnen im Unterricht bzw. die Auswirkung auf die Lehrperson wurden zusätzlich ergänzt.
- Die Theorieanbindung und die Körnigkeit wurden als zu bedenkende Aspekte erwähnt, wie auch Eigenschaften von Schülervorstellungen wie ad hoc, stabil und labil wurden besprochen.

An dieser Stelle wird bereits deutlich, dass durch die aktive Diskussion mit VertreterInnen aller drei Naturwissenschaftsdidaktiken eine große Bandbreite an Aspekten in eine Begriffsklärung aufgenommen wird. Es bestätigt die Vermutung, dass der Begriff nach Abschluss der Delphi-Studie mit den beiden anderen Fachdidaktiken intensiv verhandelt werden sollte.

In einem zweiten Schritt wurden alle vier Gruppen gebeten, 23 Statements zu beurteilen, über die sich in der zweiten Delphi-Befragungsrunde je über 70% der ExpertInnen einig waren. Die Gruppen mussten angeben, ob sie mit diesen ExpertInnenurteilen in der Gruppe übereinstimmen, nicht übereinstimmen oder kein Konsens in der Gruppe erreicht wurde. Jene Statements, die bei 70% der ExpertInnen in der Befragung Ablehnung fanden, wurden auch in allen vier Gruppen geschlossen abgelehnt. Vier Statements, welchen mehr als 70% der ExpertInnen in der Delphi-Studie zustimmten, wurden kontrovers diskutiert. Exemplarisch sei hier die Aussage genannt: „Schülervorstellungen sind die individuelle Interpretation von physikalischen Begriffen, Phänomenen und Konzepten.“ Problemstellen waren hier beispielsweise der Widerspruch zwischen der Individualität von Schülervorstellungen und deren kollektives Auftreten. Zudem wurde die kollektive soziale Bedeutungskonstruktion in Gruppen angemerkt. Die vier kontroversen Statements müssen vor einer dritten Befragungsrunde daher noch einmal genauer analysiert werden.
Ganz allgemein wurde auch angesprochen, dass sowohl in den Statements als auch im extrahierten Modell Schülervorstellungen in Bezug auf Nature of Science nicht vorkommen. Als besonders wichtig wurde weiters herausgestrichen, dass bzgl. einer Begriffsdefinition stets auf die Unterscheidung zwischen Forschung und Lehre geachtet werden muss. Außerdem sei es wichtig, auch in Bezug zu Lernenden in anderen Didaktiken – nicht nur den Naturwissenschaftsdidaktiken – nachzudenken. Zudem wurde auch die Frage gestellt, warum der Begriff Schülervorstellung verwendet wird und nicht ein anderer.

Ausblick

Aus den angeregten Diskussionen konnten wie oben erwähnt Aspekte abgeleitet werden, die jedenfalls in die dritte Befragungsrunde der Studie einfließen werden. Darüber hinaus ist deutlich geworden, dass die Diskussion über die Bedeutung des Begriffs Schülervorstellung nicht nur in der Physikdidaktik verhaftet bleiben darf, sondern auch zu anderen Didaktiken übergreifen muss und gemeinsam fortgeführt wird.

Literatur

Häder, M. (2014). Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Morscher, E. (2017). Die wissenschaftliche Definition. Einführungen Philosophie: Band 20. Wien: LIT.

Plotz, T., Krumphals, I., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Delphi-Studie zum Begriff "Schülervorstellung". In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung, Kiel 2018. Universität Regensburg. 695–698.

Rath, V. (2017): Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften - Modellierung, Testinstrumententwicklung und Erhebung der diagnostischen Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik. Logos.

Lion Cornelius Glatz
Roger Erb
Albert Teichrew

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell

Teilchenmodelle im Unterricht

Die Erkenntnis, dass Materie aus kleinsten, diskreten Bausteinen aufgebaut ist, sollte einen zentralen Platz im naturwissenschaftlichen Unterricht einnehmen. Auch in der Sekundarstufe I wird die Einführung des Teilchenmodells nicht nur wegen dessen Beitrag zu einem tieferen Modellverständnis, sondern auch wegen dessen Stellenwert als bedeutende Erkenntnis naturwissenschaftlicher Forschung empfohlen (Fischler & Reiners, 2006).

In welcher Form und zu welchem Zeitpunkt das Teilchenmodell im Unterricht eingeführt werden sollte, stand im Verlauf der letzten Jahrzehnte im Mittelpunkt vielfältiger fachdidaktischer Diskussionen (für historischen Überblick, siehe Rehm & Parchmann, 2009). Werden allerdings die Erkenntnisse aus empirischen Untersuchungen zu Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu diesem Themengebiet betrachtet, so bemerkt man, dass insbesondere im Unterricht eingeführte, mechanistische Teilchenmodelle sehr einprägsam sind. Die damit verbundenen Sichtweisen, die den fachlichen Erklärungen widersprechen, sind zudem äußerst resistent gegen Veränderungen (Lichtfeld, 1992, zit. n. Schecker, Wilhelm, Hopf, & Duit, 2018; Peuckert, 2006).

Weit verbreitet sind außerdem sogenannte „Misch- oder Hybridkonzepte“, welche sich aus Eigenschaften von im Unterricht gelernten Teilchenmodellen, sowie aus dem Erfahrungsalltag stammenden makroskopischen Vorstellungen zusammensetzen und bei den Schülerinnen und Schülern individuelle Teilchenbilder formen (Rehm & Parchmann, 2009; Schecker et al., 2018). Aus diesem Grund fällt den Unterrichtsinhalten, die die fachlichen Teilchenmodellvorstellungen vermitteln sollen, eine besondere Bedeutsamkeit zu.

Experimente werden gerne als Mittel genutzt, um die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern mit den fachlichen zu konfrontieren. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Fragestellung, welche Experimente am ehesten dafür geeignet sind, die Struktur der Materie überzeugend nahezulegen und zu einer positiven Beeinflussung des individuellen Teilchenbildes beizutragen. Dies ist insbesondere aus dem Grund von Interesse, dass sich die Erkenntnisse über den Teilchencharakter der Materie auch mit Hilfe von Experimenten nur indirekt erschließen lassen, und es nicht möglich ist, die Teilchen „direkt erfahrbar“ zu machen.

Um dieser Fragestellung nachzugehen, wurde von Hofmann & Erb (2018) der Vorschlag eines Teilchenmodells formuliert, welches die Grundlage nachfolgender Untersuchungen zu Experimenten zum Teilchenmodell bilden soll. Dieser Modellvorschlag besteht aus Beschreibungen mehrerer Eigenschaften der Teilchen, welche an die Theorie des idealen Gases angelehnt sind sowie für die Darstellung chemischer Reaktionen, Mischungen, Lösungsvorgängen und Aggregatszuständen notwendig sind. Der Anspruch des Modells ist, möglichst keine Erklärungen zu bieten, die sich mit einer fachlich komplexeren Sicht, die erst zu einem späteren Zeitpunkt im Schulverlauf vermittelt wird, widersprechen. Damit soll es sich insbesondere für die Interpretation von Experimenten zur Einführung des Teilchenmodells eignen.

Experimente zum Teilchenmodell
Die Auswahl der Experimente, die für die Einführung eines solchen Teilchenmodells geeignet sind, wurde anhand mehrerer Gesichtspunkte getroffen: Konsistenz und Plausibilität, Schwierigkeit der Ergebnisinterpretation, sowie Menge an nötigen Annahmen und Vorkenntnissen. Daraus ergab sich eine Liste von teilweise technisch aufwendigen Experimenten, sowie Versuchen mit Freihandcharakter (Hofmann & Erb, 2018):

Versuche mit Lehrmittelgeräten	**Technisch weniger aufwendige Versuche**
Gesetz der konstanten Proportionen: Gasvolumina	Kirsche, die im Wasser zerplatzt
Elektrolyse mit Knallgasreaktion	Diffusion von Farbstoff in Wasser
Ölfleckversuch	Ei, das im Salzwasser schwimmt
Feldemissionsmikroskop	Beobachtung der Energiebilanz bei Aggregatszustandsänderung
Brown'sche Molekularbewegung in der Rauchkammer	Bilden und Lösen von Salzkristallen

Tabelle 1: Auswahl der Experimente

Um ihre Wirksamkeit zu untersuchen, wurden diese Experimente von Studierenden danach bewertet, inwieweit sie dazu beitragen, die eigenen Teilchenvorstellungen zu überdenken (Überzeugungskraft). Bei Bearbeitung der Experimente wurde der Prozess der Erkenntnisgewinnung jedoch durch zufällige und ablenkende Faktoren beeinflusst, wie beispielsweise unterschiedliche Versuchsdurchführende. Aus diesem Grund wird nun durch eine Digitalisierung der Experimente eine bessere Vergleichbarkeit der Einschätzungen der Überzeugungskraft angestrebt.

Digitalisierte Experimente
Durch die digital gestaltete Repräsentationsform der Experimente soll der Erkenntnisgewinnungsprozess bei deren Bearbeitung insofern unterstützt werden, dass die Ergebnisse und die Interpretation hinsichtlich der zu vermittelnden Aspekte des Teilchenmodells im Mittelpunkt stehen. Außerdem soll durch eine interaktive Gestaltung der Medienprodukte der experimentelle Charakter der Versuche möglichst beibehalten und der Lernprozess gefördert werden. Laut Hannon und Atkins (2002, zit. n. Zumbach, 2010) erreicht eine hohe Interaktivität von Medienprodukten dies insbesondere, indem sie die Einbeziehung der Lernenden in den Lernprozess und den individuellen Verständnisaufbau fördert, dem Lerngeschehen Bedeutung verleiht und den Lernenden ein Gefühl von Kontrolle vermittelt. Damit dies gewährleistet werden kann, orientiert sich die Gestaltung der digitalisierten Inhalte nach den von Mayer (2009, zit. n. Girwidz, 2015) formulierten lerntheoretisch förderlichen Designprinzipien multimedialen Lernens.

Die Digitalisierung der Experimente wird im Rahmen eines Seminars von Studierenden des Lehramts Physik vorgenommen. Dadurch sollen die Studierenden einerseits zu einer intensiveren inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Aspekten des Teilchenmodells geführt werden. Zum anderen sollen ihre Medienkompetenzen gefördert werden. Da die Aufgabe der Studierenden die Erstellung eines Produktes ist, welches darauf ausgelegt ist, weiteren Benutzerinnen und Benutzern Aspekte des Teilchenmodells zu vermitteln, kann diese Form von Lernaktivität im SAMR-Modell von Puentedura (2017, zit. n. Zierer, 2018) im Bereich „Umgestaltung" angesiedelt werden, was für eine kompetenzförderliche Nutzung digitaler Medien spricht.

Interaktive Experimentiervideos
Für die digitale Aufarbeitung der Experimente zum Teilchenmodell gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten der Medienproduktion. Als besonders vielversprechend erweisen sich interaktive Videos. Die Interaktivität wird bei dieser Art der Videos durch Bedienelemente, die dem Filmmaterial hinzugefügt werden, erreicht. Es lassen sich nach Wunsch zusätzliche Informationen oder Aufgaben einblenden, die zum Fortfahren des Videos bearbeitet werden müssen. Außerdem passt sich die Bearbeitungsgeschwindigkeit dem Arbeitstempo der Benutzer an, da diese entscheiden können, welche Teile gegebenenfalls erneut behandelt werden sollen, oder, falls durch das Video erlaubt, übersprungen werden können.

Auf diese Weise erstellte interaktive Experimentiervideos sind somit Videos real gefilmter Experimente, die insofern gestaltet und bearbeitet wurden, dass der Benutzer auf den dargestellten Inhalt wesentlichen Einfluss nehmen kann und somit die Rolle des Experimentierenden einnimmt. Durch die Möglichkeit, den Lernfortschritt während der Bearbeitung durch Abfragen zu kontrollieren, kann außerdem die korrekte Auswertung der Ergebnisse gezielt unterstützt werden, was insbesondere im Fall der Experimente zum Teilchenmodell einen wesentlichen Vorteil darstellt.

Abbildung 1: Bildschirmfoto aus einem interaktiven Experimentiervideo zum Ölfleckversuch, erstellt mit dem Online-Tool H5P (Glatz & Teichrew, 2019)

Erste Untersuchungen
In einem ersten Durchgang wurden die Teilchenbilder der Studierenden erhoben, um diese mit ihrer eingeschätzten Überzeugungskraft in Verbindung zu bringen. Erste Ergebnisse zeigen, dass obwohl die digitalisierten Experimente als überzeugend eingeschätzt werden, eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Teilchenmodell nicht ausreichend gefördert wurde.

Ausblick
In einer nächsten Phase der Medienproduktion sollen Studierende deshalb weniger in die Erstellung des Videomaterials und mehr in die der interaktiven Elemente einbezogen werden. Damit wird sich erhofft, dass sie sich intensiver mit den inhaltlichen Aspekten der Experimente auseinandersetzen, und die vergleichbare Qualität der Medienprodukte tragfähige Aussagen zu deren Überzeugungskraft zulässt.

Literatur

Fischler, H., & Reiners, C. S. (2006). Teilchenmodelle im Physik- und Chemieunterricht. In H. Fischler & C. S. Reiners (Hrsg.), Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht. Berlin: Logos-Verl.

Girwidz, R. (2015). Multimedia unter lerntheoretischen Aspekten. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik: Theorie und Praxis (3. Auflage). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Glatz, L. C., & Teichrew, A. (2019). Interaktives Experimentiervideo zum Ölfleckversuch. Abgerufen von https://h5p.org/node/448137.

Hofmann, M., & Erb, R. (2018). Zur Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018. Würzburg.

Peuckert, J. (2006). Stabilität und Ausprägung von Teilchenvorstellungen. In H. Fischler & C. S. Reiners (Hrsg.), Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht. Berlin: Logos-Verl.

Rehm, M., & Parchmann, I. (2009). Die Welt der Atome - Eine Frage ohne eindeutige Antwort. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 20(114), 2–4.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Spektrum.

Zierer, K. (2018). Lernen 4.0: Pädagogik vor Technik: Möglichkeiten und Grenzen einer Digitalisierung im Bildungsbereich (2., erweiterte Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Zumbach, J. (2010). Lernen mit Neuen Medien: Instruktionspsychologische Grundlagen (1. Auflage). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Laura Bögge Goethe-Universität Frankfurt/ Main
Arnim Lühken

Experimentiermaterialien und ihr Einfluss auf die Wahrnehmung einer Lernumgebung

Dem Experiment als zentrale Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wird auf Länder-, Schul- und Unterrichtsebene unbestritten ein hoher Stellenwert zugesprochen. Studien zeigen jedoch, dass die praktische Umsetzbarkeit im regulären Schulalltag häufig nur eingeschränkt möglich ist. Gründe hierfür liegen u.a. in nur ausreichend bis mangelhaft ausgestatteten Chemiesammlungen bei gleichzeitig hohen SchülerInnen-Zahlen und hohem zeitlichen Aufwand (Barth, 2005; Schaffer & Pfeifer, 2011). Um diesen Hürden entgegenzuwirken, entstehen in der naturwissenschaftsdidaktischen Praxis vermehrt sogenannte *Low-Cost*-Experimentiervorschläge. Durch den Rückgriff auf medizintechnische Materialien oder ('recycelte') Alltagsmaterialien bieten diese eine im Vergleich zu klassischem Labormaterial v.a. kostengünstigere Möglichkeit zur Realisierung experimentellen Chemieunterrichts. Exemplarisch zu nennen ist dabei das Experimentieren mit Kunststoffspritzen, Kanülen, Luer-Lock Verbindern o.ä. (Obendrauf, 1996) sowie der Einsatz von Mikrobrennern, Tetra-Pak®-Kartons, Teelichthüllen oder Blisterpackungen statt Reagenz- oder Bechergläsern (z.B. Schwarz & Lutz, 2004). Potentiale und Grenzen solch alternativer Experimentiermaterialien im Vergleich zu klassischem Labormaterial sind aus fachdidaktischer Perspektive bisher nicht untersucht worden. Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer experimentellen Studie mit $N = 237$ SchülerInnen der Einfluss des Experimentiermaterials auf theoretische Anforderungen an eine sowohl praktisch als auch motivational gelungene Experimentierumgebung untersucht.

Theoretischer Hintergrund

In einem ersten Schritt wurden Evaluationskriterien festgelegt, anhand derer der Einfluss des Experimentiermaterials sinnvoll untersucht werden kann. Aus der Theorie wurden dazu diejenigen Anforderungen an ein gelungenes Schulexperiment herausgearbeitet, zu denen ein Zusammenhang zum konkreten Experimentiermaterial vermutet werden kann. Neben organisatorischen und experimentellen Aspekten fallen darunter vor allem fachdidaktische Anforderungen. So tragen auch die von Deci und Ryan (1985) formulierten Teildimensionen der Genese intrinsischer Motivation – das Erleben von Interesse/ Vergnügen, Autonomie und eigener Kompetenz, das Gefühl sozialer Eingebundenheit, ein angemessener Herausforderungsgrad sowie die empfundene Anspannung – zur fachdidaktischen Qualität der Experimentiersituation bei (z.B. Schulz, 2011; Bader & Lühken, 2018). Im Sinne des Tagungsthemas fokussiert dieser Beitrag auf einen Vergleich des Kompetenzerlebens von SchülerInnen im Rahmen einer Low-Cost- bzw. klassischen Experimentierumgebung. *Kompetenzerleben* ist dabei definiert als das persönliche Empfinden der SchülerInnen sich selbst als im Stande zu sehen, die ihnen vorgegebene Aufgabe, hier das Experiment, eigenständig, effektiv und erwartungsgemäß bewältigen zu können.

Forschungsfrage und Hypothese

Die Studie untersucht folgende, übergeordnete Forschungsfrage:
Forschungsfrage: Wie nehmen Schülerinnen und Schüler eine Low-Cost- und eine klassische Experimentierumgebung in Bezug auf motivationale Anforderungen an eine gelungene Experimentierumgebung wahr?

Durch eine vorab durchgeführte Interviewstudie unter N = 14 Lehrkräften konnte in Bezug auf das empfundene Kompetenzerleben der SchülerInnen bereits eine Wirkhypothese abgeleitet werden, die in dieser sich anschließenden Untersuchung der SchülerInnen-Perspektive quantitativ überprüft wurde:

Hypothese: Das empfundene Kompetenzerleben der SchülerInnen ist in einer Low-Cost-Experimentierumgebung höher als in einer klassischen Experimentierumgebung.

Als Begründung nennen die befragten Lehrkräfte das als geringer eingestufte Gefahrenpotential von Low-Cost-Experimenten. So werde oftmals mit reduzierten Chemikalienmengen gearbeitet; außerdem sei im Vergleich zu vielen klassischen Labormaterialien das Risiko von Glasbruch deutlich geringer, was das Zutrauen der SchülerInnen in die eigene Kompetenz steigern könne.

Design und Methode

Die experimentelle Felduntersuchung wurde im Rahmen des Chemieunterrichts und eingebettet in den regulären Unterrichtsgang durchgeführt. Insgesamt 14 teilnehmende Schulklassen unterschiedlicher Jahrgangsstufen verteilen sich dabei gleichmäßig auf 5 verschiedene Experimente, um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Das Design der Untersuchung sowie die gewählten Methoden sind in Abb. 1 schematisch dargestellt:

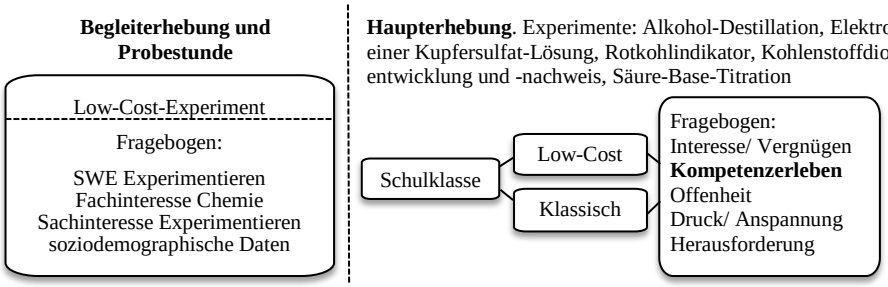


Abb. 1 Design und Methode zur Evaluation der SchülerInnen-Perspektive

Die Unterrichtsstunde unmittelbar vor der Haupterhebung wurde als Probestunde gestaltet, in der alle SchülerInnen zum Kennenlernen der Materialien ein Low-Cost-Experiment durchgeführt haben; es wurde sichergestellt, dass die jeweils klassischen Materialien aus dem bisherigen Unterricht bekannt sind. Mit Hilfe bereits vielfach verwendeter Skalen wurden außerdem Persönlichkeitsmerkmale der SchülerInnen als Kontrollvariablen erhoben, die nachweislich einen Einfluss auf die Wahrnehmung von Unterrichtsqualität haben (z.B. Helmke, 2009); darunter neben soziodemographischen Daten das Interesse am Fach Chemie und am Experimentieren sowie die Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) der SchülerInnen in Bezug auf das Experimentieren (Skalen von: Engeln, 2004; Fechner, 2009; Klos, 2008; Schroedter & Körner, 2012). Für die Haupterhebung wurden die SchülerInnen einer Klasse randomisiert einer Experimentierumgebung zugeteilt, um anschließend das jeweilige Experiment mit Low-Cost- bzw. klassischen Experimentiermaterialien durchzuführen. Bei den für diese Studie evaluierten Experimenten handelt es sich um curricular relevante Experimente, die im Rahmen einer durchschnittlich ausgestatteten Chemiesammlung in beiden Materialvarianten als SchülerInnen-Experiment zu realisieren sind. Die Versuchsanleitungen wurden in beiden Materialvarianten, mit Ausnahme der Skizze und Materialbezeichnungen, identisch gehalten; Kleingruppen à 2-3 Personen erhöhen außerdem die Wahrscheinlichkeit, dass jede Schülerin/ jeder Schüler aktiv experimentiert. Direkt im

Anschluss an die Durchführung des Experiments wurde von allen SchülerInnen ein bereits erprobter Kurzfragebogen ausgefüllt, der u.a. ihr Kompetenzerleben in der Experimentiersituation erhebt (Wilde et al., 2009).

Stichprobe

Die Stichprobe setzt sich aus N = 237 SchülerInnen hessischer und rheinlandpfälzischer Gymnasien oder Gesamtschulen zusammen, die sich entsprechend Tab. 1 auf die 5 evaluierten Experimente verteilen. Bezüglich der Persönlichkeitsmerkmale der SchülerInnen ist ein im Mittel eher hohes Fachinteresse an Chemie sowie Sachinteresse am Experimentieren zu erkennen; auch die Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich ihrer experimentellen Fähigkeiten stufen die befragten SchülerInnen als eher hoch ein. Die Leistungen im Fach Chemie sind insgesamt befriedigend bis gut:

	N_{gesamt}	Geschlecht		Alter	Chemie-note	Interesse Chemie*	Interesse Exp.*	SWE Exp.*
		m	w					
Cronbachs α						.77	.69	.87
E1: Destillation	45	22	23	12.7	2.4	3.85	3.75	3.90
E2: Elektrolyse	47	25	22	15.7	2.8	3.72	3.76	3.94
E3: Indikator	56	36	20	14.0	2.0	4.25	3.76	4.01
E4: Gasentw.	42	18	24	13.5	1.9	4.17	3.77	3.87
E5: Titration	47	29	18	15.7	2.8	3.56	3.63	4.05
gesamt	237	130	107	14.3	2.4	3.93	3.74	3.96

*Tab.1 Stichprobenbeschreibung. *Für E1-E5 sind Mittelwerte einer 5pt.-Likert-Skala (1-5) angegeben*

Ergebnisse

Zur Prüfung der Reliabilität der verwendeten Skalen wurde Cronbachs α berechnet. Mit Ausnahme des Interesses am Experimentieren liegen alle Werte über dem von Schmitt (1996) geforderten Schwellenwert von 0.7 ($\alpha_{Kompetenzerleben}$ = .83). Von den insgesamt N = 237 SchülerInnen haben N = 117 mit Low-Cost-Materialien und N = 120 mit klassischem Labormaterial gearbeitet. Das Ergebnis der Varianzanalyse zeigt auf einem Signifikanzniveau von 10 %, dass Low-Cost-Experimente bei SchülerInnen ein höheres Kompetenzerleben bewirken als Experimente mit klassischem Labormaterial ($M_{Low\text{-}Cost}$ = 4.40 und $M_{klassisch}$ = 4.25; $F_{1,227}$ = 3.53, p = .06). Gleichzeitig konnte jedoch ein Interaktionseffekt mit dem konkret durchgeführten Experiment festgestellt werden ($F_{4,227}$ = 2.40, p = .05). Auch wenn die Stichprobe auf Experimentebene deutlich kleiner ist, fällt auf, dass lediglich die Experimente 1-3, realisiert mit ('recyceltem') Alltagsmaterial, ein signifikant höheres Kompetenzerleben bewirken (p_{E1} = .04; p_{E2} = .02; p_{E3} = .04). Die Experimente 4 und 5, realisiert mit der Spritzentechnik, zeigen diesen Effekt nicht (p_{E4}= .65; p_{E5}= .41). Die Eingangshypothese kann für die hier vorliegende Stichprobe und die hier betrachteten Experimente und Materialien folglich nur teilweise bestätigt werden.

Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Low-Cost-Materialien auch über den Kostenvorteil hinaus positive fachdidaktische Auswirkungen auf den experimentellen Chemieunterricht haben kann. Neben dem Kompetenzerleben sind jedoch zahlreiche weitere Anforderungen an eine gelungene Experimentierumgebung zu berücksichtigen, darunter beispielsweise Aspekte der Arbeitssicherheit oder Beobachtbarkeit des Experiments. Anschließende Arbeiten werden daher ganzheitlich den Einfluss des Experimentiermaterials auf die Qualität von Schulexperimenten untersuchen. Dabei weist der beobachtete Interaktionseffekt darauf hin, dass zukünftig eine differenzierte Betrachtung von Low-Cost-Experimenten mit ('recyceltem') Alltagsmaterial und auf der Spritzentechnik basierenden Experimenten sinnvoll ist.

Literatur

Bader, H. J. & Lühken, A. (2018). Anforderungen an ein Schulexperiment. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Eds.), Konkrete Fachdidaktik Chemie. Seelze: Aulis, 464-467.

Barth, U. (2005). Chemischer Experimentalunterricht in der Fächergruppe Physik/ Chemie/ Biologie. Entwicklung, Umsetzung und Evaluation eines Fortbildungskonzeptes für Lehrkräfte an der bayerischen Hauptschule. Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität. Erlangen-Nürnberg.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Springer.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, Bd. 36.

Fechner, S. (2009). Effects on Context-Oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, Bd. 95.

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velbert: Kallmeyer/ Klett.

Klos. S. (2008). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht – Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, Bd. 89.

Obendrauf, V. (1996). Experimente mit Gasen im Minimaßstab. Chemie in unserer Zeit, 3, 118-125.

Schaffer, S. & Pfeifer, P. (2011). Ziele von Schülerexperimenten. Von einer Ist-Standanalyse zur Unterrichtsentwicklung. Unterricht Chemie, 22 (126), 10-13.

Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. Psychological Assessment 8 (4), 350-353.

Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). Developing a Questionnaire to Measure Student´s Self-Efficacy in Conducting Science Experiments. Pittsburgh: Conference of the International Society of Psychology of Science and Technology.

Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos, Bd. 113.

Schwarz, P. & Lutz, B. (2004). Kreativer Chemieunterricht. Mikrochemische Experimente in der Schule. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 15 (81), 4-9.

Wilde, M.; Batz, K.; Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 31-45.

Markus Berger Pädagogische Hochschule Heidelberg
Jens-Peter Knemeyer
Nicole Marmé

Auswirkungen virtueller physikalischer Experimente auf das Flow-Erleben

Einleitung

Das Weltbild der Physik als Teilbereich der Naturwissenschaften und die damit verbundene Rolle und Gestaltung des physikalischen Experiments unterliegt dem ständigen geschichtlichen Wandel und dem jeweiligen Forschungsstand. Moderne physikalische Experimente sind - im Gegensatzsatz zur Antike, in der noch die Beobachterrolle präferiert wurde (vgl. Heidelberger, 1997; Heisenberg, 1973) - vorwiegend durch geplante laborgesteuerte Abläufe geprägt (Scobel, Lindström & Langkau, 2002; Maiseyenka, 2014; Heisenberg, 1973). So ist auch die pädagogische Sichtweise von geschichtlichen Prädiktoren geprägt und wird nach Rieß, Wirtz, Barzel und Schulz (2012) sogar durch „ein terminologisches Wirrwarr in der Verwendung des Begriffs ‚(Unterrichts-) Experiment' sowohl in der wissenschaftlichen Fachliteratur als auch in unterrichtspraktischen Veröffentlichungen" identifiziert. Rieß et al. orten das Problem darin, dass der Terminus Experiment gerade im fachdidaktischen Umfeld mit verwandten Begriffen wie Unterrichtsexperiment, Schülerinnen- und Schülerversuch oder Lehrerinnen- und Lehrerversuch gleichgesetzt wird. Nach Lechte (2008) hat das physikalische Experiment im Unterricht das didaktische Potenzial, abstrakt gelernte Dinge erlebbar zu machen und den Brückenschlag in die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu gewährleisten. Im Gegensatz zu universitären Experimenten, die den Fokus auf die Exploration physikalischer Phänomene legen, ist für die Schülerinnen und Schüler der „Nachweis für die Realbedeutsamkeit" (ebd.) in den Vordergrund zu stellen, da gerade durch das Herstellen des Bezugs zum Alltag kognitive Konflikte forciert werden, was wiederum die intrinsische Motivation steigert (Barzel, Reinhoffer, B. & Schrenk M. (2012).

Neben dieser grundsätzlichen Komponente nimmt auch die mediale Entwicklung der letzten Jahrzehnte großen Einfluss auf den naturwissenschaftlichen Unterricht speziell den Physikunterricht. Obwohl der Überbegriff „Neue Medien" nach Girwidz (2015) relativ unscharf gebraucht wird und er aus Gründen der Abgrenzung den Terminus „digitale Medien" präferiert, steht es außer Frage, dass die modernen Technologien im Bereich Neuer Medien nachhaltig rasante Veränderungen bewirken. Neuartige Methoden, wie „Übungsprogramme, Selbstlerneinheiten und tutorielle Programme, Computerwerkzeuge, Simulations- und Modellierungsprogramme sowie Messwerterfassungssysteme" (Girwidz, 2015, 402f) verändern die Unterrichtsmethoden im Physikunterricht gewaltig (Riegler, 2015). Leider zeigt sich aktuell das Bild, dass Physik noch immer zu den unbeliebtesten Schulfächern zählt (Müller, Magdans & Borowski, 2018). Mit dem Einsatz Neuer Medien sprich moderner, digitaler, internetbasierter Unterrichtsmittel kann diesem Problem erfolgreich entgegengewirkt werden (ebd.) Die Studien von Künsting, Thillmann, Wirth, Fischer & Leutner (2008) und Nistor, Schnurer & Mandl (2005) zeigen, dass computerbasierte Schülerinnen- und Schülerexperimente und interaktive Simulationen einen positiven Einfluss auf Motivation und Lernerfolg haben. Eine Weiterentwicklung dieser computergestützten Unterrichtsmittel ist das virtuelle Experiment.

Da bislang der Zusammenhang von virtuellen Experimenten und Flow-Erleben (Selbstwirksamkeitserleben) im Physikunterricht nur mangelhaft beforscht ist (Duit, Tesch & Mikelskis-Seifert, 2010), wird in diesem Beitrag der Forschungsfrage „Welche Auswirkungen hat der Einsatz von virtuell durchgeführten physikalischen Experimenten im Sekundarstufenbereich I auf das Flow-Erleben?" nachgegangen.

Forschungsdesign
Der Untersuchung liegt die switching replications-Methode zugrunde, welche aus drei Phasen besteht. In Phase eins wurde der aktuelle Motivationsstatus in Bezug auf das Flow-Erleben im Gegenstand Physik in der Sekundarstufe I (sechste, siebente und achte Schulstufe) erhoben. Bei der zweiten Messung war die Klasse A die Experimentalgruppe und in der dritten Phase dieselbe Klasse die Kontrollgruppe. Gegengleich bildete die Klasse B zuerst die Kontrollgruppe und danach die Experimentalgruppe.
Insgesamt nahmen 407 Schülerinnen und Schüler an dieser Studie teil. Während der drei Durchgänge wurden insgesamt 4.884 Einzeldaten erhoben.

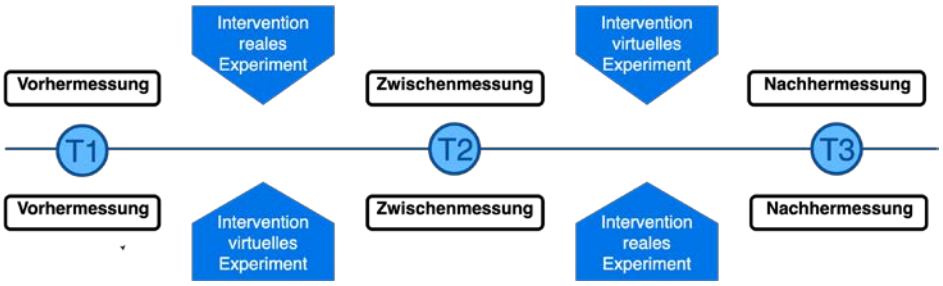


Abb. 1: Cross-Over-Studie; nach Zufall war die Schülerin / der Schüler der oberen (erste Intervention – reales Experiment) oder der unteren Gruppe (erste Intervention – virtuelles Experiment) zugeordnet.

Zum Messzeitpunkt T1 (Vorhermessung) wurde der aktuelle Flow-Zustand (Selbstwirksamkeitserleben) im Gegenstand Physik erhoben – während dieser Phase gab es weder Kontroll- noch Experimentalgruppe. Nach zirka einem Monat (stundenplanbedingt) wurde die zweite Testung abgehalten und je nach Gruppeneinteilung erfolgte die Intervention „realer“ oder „virtueller Schülerversuch“. Bei der unmittelbar danach stattfindenden Online-Testung T2 wurden die relevanten Daten des Flow-Erlebens nochmals erhoben.
Um die Durchführungs- und die Auswertungsobjektivität (Anweisungen konnten auch schriftlich gegeben werden) zu erhöhen, wurde die Testform des Online-Fragebogens gewählt (Rammstedt, 2004). Nach pädagogischen und didaktischen Gesichtspunkten wurde in einem Zeitkorridor von einer Woche bis zu einigen Monaten jeweils das entgegengesetzte Treatment durchgeführt. Im Anschluss (Testzeitpunkt T3) erfolgte die abschließende Befragung. In den Phasen T2 und T3 wurde stets von themengleichen Szenarien (gleicher Inhalt bei Realversuch und virtuellem Versuch) ausgegangen.
Folgende Items wurden zur Erhebung des Flow-Erlebens herangezogen (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001): Ich fühlte mich heute optimal beansprucht./ Ich merkte gar nicht, wie die Zeit verging./ Ich hatte keine Mühe, mich zu konzentrieren./ Mein Kopf war völlig klar./ Ich war ganz in meine Versuche vertieft.

Basierend auf der fünfstufigen Likert-Skala, ähnlich der fünfgliedrigen österreichischen Notengebung, standen beim Online-Fragebogen folgende Antwortmöglichkeiten zur Wahl: eindeutig zutreffend (1), zutreffend (2), weder zutreffend noch nicht zutreffend (3), nicht zutreffend (4) oder eindeutig nicht zutreffend (5). Weiters gab es auch die Möglichkeit, auf den Button „kann / will ich nicht beantworten“ zu klicken. Um die wertvolle Unterrichtzeit und die damit einhergehenden begrenzten Ressourcen der Schülerinnen und Schüler optimal zu nutzen (Brell, 2007), wurde für diese Erhebung eine eigene Homepage (http://www.mr-berger.at) entwickelt. Neben der Online-Befragung waren hier auch die virtuellen

Experimente nach Schulstufen geordnet, sowie ein Kontaktformular und ein Gästebuch zu finden.

Ergebnisse und Diskussion

Bei allen drei Testungen weisen die weiblichen Teilnehmerinnen hochsignifikant geringere Werte für das „Flow-Erleben“ auf als die männlichen Probanden (Ersterhebung - $F(1,364) = 21.255$, $p = .001$, $\eta^2 = .030$, Realversuch - $F(1,395) = 4{,}977$, $p = .026$, $\eta^2 = .012$, virtuelles Experiment - $F(1,386) = 9.459$, $p = .002$, $\eta^2 = .024$). Wie bereits aus den zahlenmäßigen Angaben ersichtlich, treten diese Werte jedoch nur mit geringer Effektstärke auf. Leider wurde durch diesen Test bestätigt, dass das Flow-Erleben mit jedem Schuljahr der Sekundarstufe I drastisch sinkt. Vergleicht man die Jahrgangsstufen untereinander, so zeigt sich, dass in jeder Schulstufe das virtuelle Experiment durchschnittlich zwar höhere Mittelwerte aufweist, jedoch der Unterschied zum Realversuch nicht signifikant wird (2. Klasse: $p = .119$; 3. Klasse: $p = .092$; 4. Klasse: $p = .268$).

Umso interessanter zeigt sich dann die Testung über die ganze Sekundarstufe I hinweg, denn hier werden die gesamten Mittelwertunterschiede schlagend.

Das Flow-Erleben des virtuellen Versuchs weist im Vergleich zur Ersterhebung höchst signifikant ($p < .001$) und im Vergleich zum Realversuch hochsignifikant ($p = .001$) höhere Werte auf.

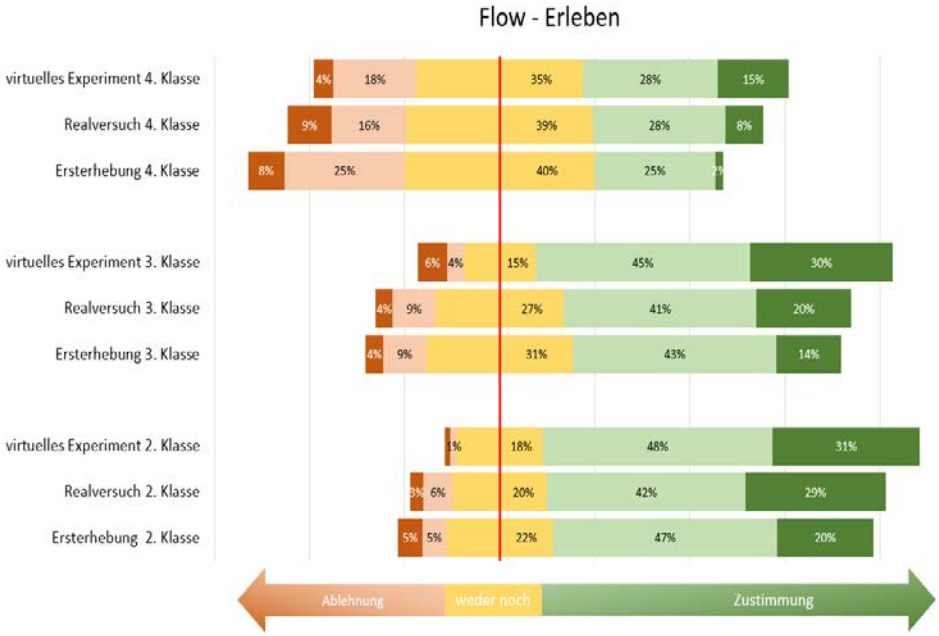


Abb. 2 Flow-Erleben nach Schulklassen (2. Klasse ≙ 6. Schulstufe...)

Ausblick

Digitale Medien haben längst Einzug in unseren Alltag und in jenen der Schülerinnen und Schüler gehalten und sind „wesentliche[] Treiber des aktuellen Wertewandels und sozialer Transformationsprozesse.“ (Calmbach et al. ,2016, S. 172) Auch in der Schule ist „webbasiertes E-Learning, mobiles Lernen und die Nutzung von Web-2.0-Technologien“ (Eickelmann, 2010, S. 28) nicht mehr wegzudenken. In den nächsten Jahren wird verstärkt mit dem Einsatz von Animationen und sogar virtuellen Realitäten gerechnet (Eickelmann, 2010; Grimm, 2015). Daher ist auf diesem Gebiet vermehrter Forschungsbedarf gegeben.

Literatur

Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (S. 103-127). Münster: Waxmann.

Brell, C. (2008). Lernmedien und Lernerfolg – reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht: empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE. Berlin: Logos-Verlag.

Calmbach, M., Borgstedt, S., Borchard, I., Thomas, P. M., Flaig, B. (2016). Wie ticken Jugendliche 2016? Lebenswelten von Jugendlichen im Alter von 14 bis 17 Jahren in Deutschland. Wiesbaden: Springer.

Duit, R., Tesch, M & Mikelskis-Seifert, S. (2010). Piko-Brief Nr. 6. Das Experiment im Physikunterricht. http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf (Letzter Zugriff: 09.03.2018)

Eickelmann, B. (2010). Digitale Medien in Schule und Unterricht erfolgreich implementieren: eine empirische Analyse aus Sicht der Schulentwicklungsforschung. Göttingen: Waxmann Verlag.

Girwidz, R. (2015). Neue Medien und Multimedia. In E. Kircher, R. Girwidz, P. Häußler (Hrsg.) Physikdidaktik (dritte Auflage). 401 - 427. Berlin: Springer.

Grimm, N. (2015). E-Learning in der Personalentwicklung: Untersuchung des Einsatzes und Erfolgs von E-Learning-Konzepten in Unternehmen. Hamburg: Diplomica Verlag.

Heidelberger, M. (1997). Die Erweiterung der Wirklichkeit im Experiment. In M. Heidelberger & F. Steinle (Hrsg.), Experimental Essays – Versuche zum Experiment (S. 71-92). Baden-Baden: Nomos.

Heisenberg, W. (1973). Das Naturgesetz und die Struktur der Materie. In W. Heisenberg (Hrsg.), Schritte über Grenzen (S. 223-242). München: Piper.

Künsting, J., Thillmann, H., Wirth, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 55, 1-15.

Lechte, M.-A. (2008). Sinnbezüge, Interesse und Physik: eine empirische Untersuchung zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern. Opladen: Barbara Budrich.

Maiseyenka, V. (2014). Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht: Praxistauglichkeit und Lernwirkungen. Berlin: Logos.

Müller, F., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2007). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. Klagenfurt: Alpen-Adria Universität.

Müller, J., Magdans, U., & Borowski, A. (2018). FELS – Forschend-Entdeckendes Lernen mit dem Smartphone. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 31, 214-238

Nistor, N., Schnurer, K. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz, Lernprozess und Lernerfolg in virtuellen Seminaren-Wirkungsanalyse eines problemorientierten Seminarkonzepts. (Forschungsbericht Nr. 174). München: Ludwig-Maximilians-Universität.

Rammstedt, B. (2004). Zur Bestimmung der Güte von Multi-Item-Skalen: Eine Einführung (ZUMA How-to-Reihe Nr. 12). Mannheim: Zentrum für Umfragen.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM. Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica 2, 57-66.

Riegler, H. (2015). Reflexion der LehrerInnenrolle im projektbasierten, kollaborativen Tablet-Unterricht in der Sekundarstufe I. Donau-Universität Krems Department für Interaktive Medien und Bildungstechnologien Zentrum für Mediengestütztes und Individualisiertes Lernen. http://onlinecampus.virtuelle-ph.at/pluginfile.php/ 73336/mod_glossary/entry/5632/riegler_heidemarie_ master%20thesis.pdf (Letzter Zugriff: 25.08.2018)

Rieß, W., Wirtz M., Barzel B. & Schulz, A. (2012). Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Einleitung. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (S. 7-14). Münster: Waxmann.

Scobel, W., Lindström, G. & Langkau, R. (2002). Physik kompakt. Berlin: Springer.

Dennis Kirstein Universität Duisburg-Essen
Sebastian Habig
Maik Walpuski

Individuelles Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht

Ziel aller am naturwissenschaftlichen Unterricht beteiligten Fächer ist es, dass jede Schülerin und jeder Schüler am Ende der Sekundarstufe I über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügt (KMK, 2004). Eine Schlüsselrolle zur Entwicklung dafür notwendiger Kompetenzen nimmt im Chemieunterricht das Experiment ein (Lederman et al., 2013; Wirth et al., 2008). In heterogenen Lerngruppen kann der Einsatz kooperativer Experimentieraufgaben (Kirstein, Habig, & Walpuski, 2019) als besonders geeignet angesehen werden, da hierdurch bereits im Vorfeld wesentliche Voraussetzungen für das Lernen in heterogenen Lerngruppen durch eine offene und kooperative Aufgabenstellung umgesetzt werden (vgl. Altrichter et al., 2009). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten dabei in Kleingruppen an einer chemischen Fragestellung, die sie mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Materials bearbeiten müssen. Dabei werden die Schülerinnen und Schüler sowohl beim Erwerb konzeptbezogener als auch prozessbezogener Kompetenzen gefördert (u. a. Knobloch, 2012). Dass Schülerinnen und Schüler über unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen verfügen, ist aus Schulleistungsstudien wie PISA 2015 (Reiss et al., 2016) und dem IQB-Ländervergleich 2012 (Pant et al., 2013) bereits hinlänglich bekannt. Neben dem Fachwissen stellen auch die kognitiven Grundfähigkeiten und das Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen wichtige Voraussetzungen für erfolgreiches Fachlernen insbesondere im Zusammenhang mit dem Experimentieren dar (u.a. van Riesen et al., 2018; Stender et al., 2018). In der Konsequenz muss individuelle Förderung auch im Chemieunterricht stattfinden, was sich insbesondere in der Passung zwischen den Lernangeboten und den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler ausdrücken muss (Wagner, 2016). In diesem Zusammenhang zeigen die Ergebnisse aus PISA 2015 jedoch, dass Schülerinnen und Schüler für das individuellen Lernen notwendige Maßnahmen wie Differenzierung und Unterstützung als unzureichend wahrnehmen (Reiss et al., 2016). Konkrete Maßnahmen zur Differenzierung und zur individuellen Förderung in heterogenen Lerngruppen im Chemieunterricht sind bereits untersucht worden (Kallweit, 2015; Anus, 2015). Zur individuellen Förderung beim Experimentieren liegen jedoch nur wenige Erkenntnisse vor (Groß, 2013). Insgesamt fehlt es hier bisher an Forschung, wie bereits vorliegende Erkenntnisse über die experimentelle Aktivitäten (u. a. Emden, 2011) und auftretende Schwierigkeiten (u. a. Kechel, 2016; Baur, 2018) beim eigenständigen Experimentieren mit den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler in Beziehung zu setzen sind.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Projekt am Beispiel des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I untersucht, welche individuellen Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten beim Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben auftreten und wie diese mit den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und der Zusammensetzung einer Kleingruppe zusammenhängen. In einer ersten Studie wurde hierfür zunächst geklärt, ob sich die entwickelten Experimentieraufgaben sowie die eingesetzten Leistungstests als Grundlage für die Untersuchung eignen. Darüber hinaus wurden Strategien zur Auswertung individueller Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten entwickelt und erprobt.

Dazu wurde der Einsatz kooperativer Experimentieraufgaben zu den Themen *Batterien*, *Ozeanversauerung* und *Mineralwasser* in der Jahrgangsstufe 9 an allen allgemeinbildenden Schulformen der Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen mit Hilfe qualitativer und quantitativer Forschungsstrategien untersucht (vgl. Kirstein et al., 2018). An der Untersuchung nahmen 146 Schülerinnen und Schüler aus vier unterschiedlichen Schulen der Metropolregion Rhein-Ruhr im Schuljahr 2017 teil. Mit Hilfe von Leistungstests mit Items im Multiple-Choice-Single-Select-Format wurden das chemische Fachwissen (Celik & Walpuski, 2019; Kirstein et al., 2019), die kognitiven Grundfähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie das Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Mannel, 2009; Koenen, 2014) erhoben. Das chemische Fachwissen wurde darüber hinaus auch nach der Bearbeitung der Experimentieraufgaben erfasst, um den inhaltsbezogenen Lernerfolg untersuchen zu können. Die Auswertung der Leistungsdaten erfolgte IRT-basiert (Boone et al., 2014) mit Hilfe des Test-Analysis-Modules (TAM) in R (Robitzsch, Kiefer, & Wu, 2019) unter Verwendung von EAP-Schätzern. Für die Testskalen zu den kognitiven Grundfähigkeiten und dem Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen besteht eine hinreichend hohe Testgüte (vgl. Kirstein et al., 2019). Die Testgüte zu den Testskalen zum chemischen Fachwissen fällt deutlich geringer aus (vgl. Kirstein et al., 2019) und wurde daher im Rahmen einer Zwischenstudie optimiert und evaluiert. Insgesamt lässt sich für alle Experimentieraufgaben ein signifikanter Lernzuwachs beobachten (Thema ‚Batterien': $t(36) = 6.39$, $p < .001$, $d = 1.02$; Thema ‚Ozeanversauerung': $t(53) = 5.97$, $p < .001$, $d = 1.01$; Thema ‚Mineralwasser': $t(54) = 13.63$, $p < .001$, $d = 1.92$). Da sich aus dieser Betrachtung lediglich durchschnittliche Tendenzen ableiten lassen, wurde in einem weiteren Schritt der individuelle Lernerfolg absolut (absolute Differenz zwischen den Fähigkeiten zu beiden Messzeitpunkten) und residual (Abweichung vom regressierten Lernzuwachs in Abhängigkeit der Fähigkeiten zum ersten Messzeitpunkt) betrachtet. Von den 146 Schülerinnen und Schülern bleiben 76 Lernende hinter den Erwartungen zurück, 20 Lernende können sich überhaupt nicht verbessern.

Zusätzlich zu den Leistungsdaten wurden die Arbeitsphasen von 23 Kleingruppen (93 Schülerinnen und Schüler) videographiert. Diese Lernprozessdaten wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet. Das Kodieren erfolgte zeitbasiert in 10-Sekunden-Intervallen mit Blick auf die experimentellen Aktivitäten der Kleingruppe. Konkret wurden dabei aufgabenspezifische Indikatoren (unmittelbar beobachtbare Schülerhandlungen und Äußerungen) übergeordneter und aufgabenunabhängiger Aktivitäten (Phasen beim Experimentieren) kodiert. Die Beobachterübereinstimmungen für dieses Vorgehen fällt je nach Kleingruppe unterschiedlich hoch aus ($0.43 < \kappa_{Cohen} < 0.72$) und kann insgesamt als akzeptabel bis gut interpretiert werden (Wirtz & Caspar, 2002). Eine objektive und damit zuverlässige Beschreibung der experimentellen Aktivitäten scheint damit nicht für jede Kleingruppe gleich gut möglich zu sein. Für die weiteren Analysen wurden die Häufigkeiten des Auftretens der übergeordneten Aktivitäten über die Dauer der Bearbeitung standardisiert. In Bezug auf die Heterogenität innerhalb einer Kleingruppe (absoluter Unterschied zwischen dem leistungsstärksten und dem leistungsschwächsten Lernenden) zeigen sich nur bezüglich des Fachwissens signifikante Zusammenhänge. So nehmen Aktivitäten zum Planen ($r = .469$; $p = .024$) und Auswerten ($r = .691$; $p = .000$) mit steigender Heterogenität in einer Kleingruppe zu, während experimentelle Tätigkeiten ($r = -.358$; $p = .093$) und das Beobachten ($r = -.470$; $p = .024$) an Bedeutung für den Gruppenprozess verlieren. Unberücksichtigt bleibt in diesem Zusammenhang das Leistungsniveau der Kleingruppe, da heterogene Kleingruppen mit einem im Mittel hohen Leistungsniveau über andere verfügen als heterogene Kleingruppen mit einem im Mittel niedrigen Leistungsniveau.

Im Rahmen einer kommunikativen Validierung (Austausch zwischen den Kodieren über nicht trennscharfe Kategorien oder Indikatoren) nach Abschluss der Kodierung konnte

herausgearbeitet werden, dass die experimentellen Aktivitäten einzelner Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Kleingruppe nicht immer eindeutig dem übergeordneten Ziel der kooperativen Aufgabenbearbeitung zugeordnet werden können. Darüber hinaus scheinen insbesondere in sehr heterogenen Kleingruppen einzelne Schülerinnen und Schüler den Bearbeitungsprozess zu dominieren.

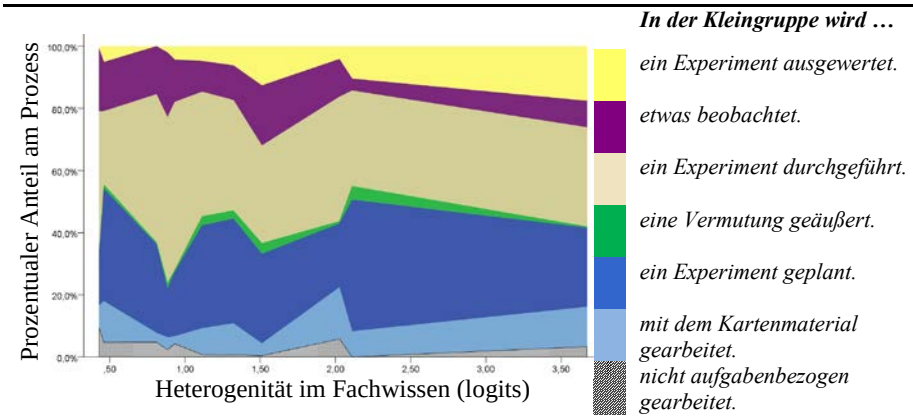


Abbildung 1 Gruppenspezifische Ausprägungen individueller Aktivitäten

Daher wurden in einem zweiten Ansatz die experimentellen Tätigkeiten auf der Einzelschülerebene kodiert. Dieses Verfahren liefert in allen Fällen deutlich bessere Beobachterübereinstimmungen ($0.74 < \kappa_{Cohen} < 0.89$), die mit $\kappa_{Cohen} > 0.70$ in einem für qualitative Unterrichtsbeobachtungen idealen Bereich liegen (Wirtz & Caspar, 2002; Frick & Semmel, 1978). Für eine erste Analyse wurden die individuellen Tätigkeiten von zwölf Schülerinnen und Schülern aus drei verschiedenen Kleingruppen näher untersucht. Zur Analyse der individuellen Beteiligung am Gruppenprozess wurde κ_{Fleiss} als Übereinstimmungsmaß zwischen den individuellen Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler bestimmt. Hierbei zeigt sich, dass mit zunehmender Heterogenität innerhalb einer Kleingruppe die Beteiligung am Gruppenprozess zunehmend individueller und unterschiedlich ausfällt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 Gruppenspezifische Übereinstimmung individueller Beteiligung

	Kleingruppe 1	Kleingruppe 2	Kleingruppe 3
Mittleres Leistungsniveau (logits)	-0.433	-0.236	-0.149
Heterogeniät (logits)	0.094	0.386	0.811
κ_{Fleiss}	0.658	0.412	0.362

Insgesamt liefern die Analysen aufgrund der kleinen Datengrundlage nur Hinweise auf mögliche Zusammenhänge. Inwieweit das der Experimentieraufgabe zugrunde liegende Thema einen Einfluss auf die Bearbeitung hat, kann anhand der bisherigen Ergebnisse ebenfalls nicht beantwortet werden. Ebenso deuten sich in den Prozessdaten individuelle Schwierigkeiten an, die den Erfolg der Kleingruppenarbeit maßgeblich zu beeinflussen scheinen. In einer abschließenden Studie soll daher der Zusammenhang zwischen den individuellen Lernvoraussetzungen, den individuellen Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten mit einer größeren Stichprobe aus 179 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 in Nordrhein-Westfalen untersucht werden.

Literatur

Anus, S. (2015). Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion. Berlin: Logos Verlag

Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S., & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotential von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen (S. 341-369). Graz: Leykam.

Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. ZfDN.

Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). Rasch analysis in the human sciences. Dordrecht [u.a.]: Springer.

Celik, K. & Walpuski, M. (2019). Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 472). Universität Regensburg

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine Vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag

Frick, T., & Semmel, M. I. (1978). Observer Agreement and Reliabilities of Classroom Observational Measures. American Educational Research Association. Vol. 48. pp. 157-184

Groß, K. (2013). Experimente Alternativ Dokumentieren : Eine Qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung. Berlin: Logos Verlag

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R-Kognitiver Fähigkeits-Test für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz.

Kallweit, I. (2015). Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I - Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. Berlin: Logos Verlag

Kechel, J.-H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos.

Kirstein, D., Habig, S. & Walpuski, M. (2019). Adaptives Lernen beim Experimentieren im Chemieunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 624). Universität Regensburg

Knobloch, R. (2011). Analyse der fachlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. Berlin: Logos Verlag.

Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Berlin: Logos Verlag

Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1(3), 138-147

Mannel, S. (2011). Assessing Scientific Inquiry: Development and Evaluation of a Test for the Low-performing Stage. Berlin: Logos Verlag

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarb. Aufl. ed.). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster: Waxmann.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster: Waxmann.

Robitzsch, Kiefer, & Wu (2019). Manual für das Package „Test Analysis Modules (TAM)“ in R.

Ständige Konferenz der Kultusminister (KMK). (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Wolters Kluwer.

Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry.

Wagner, L. (2016). Adaptive und evidenzbasierte Förderung im Unterricht-Wozu braucht man das? Potsdamer Zentrum für empirische Inklusionsforschung (ZEIF). 11.

Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. Zeitschrift für Pädagogik 54 (3), S. 361-375

Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hogrefe.

Fabian Bernstein[1,2]
Sascha Schmeling[2]
Thomas Wilhelm[1]
Julia Woithe[2]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]CERN, Genf

Saliente Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Experimentieren

Die Sicht der Lehrkräfte auf das Experiment: Zur Relevanz der Fragestellung

Welche Ziele Physiklehrkräfte mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgen und welche Gründe sie für ihre Durchführung angeben, ist in verschiedenen nationalen und internationalen Studien untersucht worden (Kerr, 1963; Thompson, 1975; Beatty & Woolnough, 1982; Welzel et al., 1998; Swain, 1999 & 2000). Diese Ziele sind deshalb von besonderem Interesse, da einerseits Fragen nach der Lernwirksamkeit und nach dem didaktischen Stellenwert von Experimenten für den Physikunterricht seit geraumer Zeit kontrovers und nicht-abschließend diskutiert werden (vgl. z. B. Hodson, 1990 & 1993; Hofstein & Lunetta, 2004; Hopf, 2007; Dillon, 2008; Abrahams & Millar, 2008; Millar, 2010; Schwichow et al., 2016), andererseits die systematische Einbettung von Experimentieraktivitäten in den Physikunterricht nicht unerhebliche finanzielle Mittel erfordert. Da die Entscheidung zum Einsatz von Experimenten im Unterricht primär der Lehrkraft obliegt, müssen Initiativen zur Veränderung oder Optimierung der Unterrichtspraxis notwendigerweise bei den Lehrkräften ansetzen, was wiederum belastbare Erkenntnisse über die Sicht der Lehrkräfte voraussetzt.

Zum Forschungsstand

Eine größere Zahl von Studien liegt insbesondere aus dem Vereinigten Königreich vor, was teils auf eine lange Tradition des Experimentierens als Teil der schulischen naturwissenschaftlichen Ausbildung zurückgeführt werden kann (Abrahams & Millar, 2008). So wurde bereits 1963 von Kerr eine großangelegte Studie initiiert, in deren Rahmen mehr als 700 Lehrkräfte aller naturwissenschaftlicher Fächer befragt wurden; Folgestudien wurden in den 70er Jahren von Thompson et al. (1975) sowie Beatty und Woolnough (1982) durchgeführt. In jüngerer Zeit hat Swain in einer kombinierten Längs- (Swain, 2000) und Querschnittstudie (Swain, 1999) die zeitliche Entwicklung in den Zielstellungen von Lehrkräften aus dem Vereinigten Königreich untersucht sowie einen Vergleich zu den Ansichten von Lehrkräften aus Südkorea und Ägypten unternommen. Auf europäischer Ebene wurde mit dem Forschungsprojekt „Labwork in Science Education“ eine großangelegte Studie für alle naturwissenschaftlichen Fächer in sechs europäischen Ländern durchgeführt (Welzel et al., 1998).

In methodischer Hinsicht beruhen die angeführten Studien, mit Ausnahme der „Labwork in Science Education“ Studie, auf einer Auflistung möglicher Zielstellungen, die von Kerr (1963) auf der Basis einer Literaturschau zusammengestellt und den Lehrkräften zum Ranking vorgelegt wurde. Diese Aufstellung wurde von Thompson et al. (1975) um weitere Ziele ergänzt, um den curricularen Entwicklungen im Zuge der Nuffield-Reformen Rechnung zu tragen. Die so ergänzte Aufstellung lag sowohl den Studien von Beatty und Woolnough (1982) als auch von Swain (1999 & 2000) zugrunde.

Im Ergebnis zeigte sich in diesen Studien im Großen und Ganzen eine hohe Kontinuität in den Einschätzungen der Lehrkräfte über die Jahrzehnte. So stellt bspw. Millar (2010) fest, dass die in Tab. 1 aufgeführten Ziele in allen Studien, die im Vereinigten Königreich realisiert wurden, stets hoch eingeschätzt wurden. Große Schnittmengen zeigen sich dabei auch mit den mittels induktiver Kategorienbildung gewonnenen Oberkategorien, die im Rahmen des „Labwork in Science Education“-Projektes generiert wurden (siehe Tab. 1). Insgesamt ergibt sich somit scheinbar ein kohärentes Bild der Einstellungen der Lehrkräfte.

Höchstgerankte Ziele in UK-Studien	„Labwork in Science Education"-Projekt (1998)
	Objectives for labwork are
To make phenomena more real.	A) for the student to link theory to practice,
To encourage accurate observation and description.	B) for the student to learn experimental skills,
To promote a logical reasoning method of thought.	C) for the student to get to know the methods of scientific thinking,
To arouse and maintain interest.	D) for the student to foster motivation, personal development, social competence,
	E) for the teacher to evaluate the knowledge of the students.

Tab.1 Zielstellungen des Experimentierens aus Sicht der Lehrkräfte

Allerdings wurden von verschiedener Seite auch substanzielle Zweifel an der Belastbarkeit der genannten Studien geäußert. In methodischer Hinsicht wurden insbesondere die Wiederholbarkeit im Ranking-Verfahren, das Question-Wording und die mangelnde Sicherstellung der Interpretation der Schlüsselbegriffe durch die Probanden moniert (Millar, 2010). Auch kann man kritisch fragen, inwieweit die von Kerr zusammengestellten und von Thompson ergänzten Zielstellungen eigentlich den Zielen der befragten Lehrkräfte entsprochen haben oder inwieweit diese eigene Absichten verfolgten, die durch diese Aufstellung nicht abgedeckt wurden.
Schwerwiegender noch sind sich abzeichnende Effekte sozialer Erwünschtheit im Antwortverhalten der Lehrkräfte, insbesondere, da bereits in der initialen Studie von Kerr (1963) signifikante Diskrepanzen zwischen Theorie und Praxis, zwischen dem, was Lehrkräfte *sagen*, dass sie tun und dem, was sie *tun*, berichtet wurden. Wenn es sich, wie diese Divergenzen vermuten lassen, bei den angeführten Zielen nicht um entscheidungsleitende Überzeugungen, sondern um Ex-Post-Rationalisierungen und soziale Begründungsstrategien handelt, dann gilt, wie Millar (2010, S. 112) meint: *„Teachers' ranking of aims may tell us more about the rhetoric of practical work, at the time the study was carried out, than about the practice."*

Eine neue Studie am CERN
Ein Teil der Problematik scheint dabei darin zu bestehen, dass – wie eine genauere Analyse zeigt – die aufgeführten Studien teils implizit und teils explizit auf der Annahme beruhen, dass die *didaktischen Ziele*, die mit dem Einsatz von Experimenten im Unterricht verfolgt werden können, notwendig mit den *entscheidungsleitenden Gründen* der Lehrkräfte zusammenfallen; mit anderen Worten, dass Lehrkräfte Experimente *um ihrer möglichen didaktischen Ziele* willen einsetzen. Verschiedene Indizien weisen darauf hin, dass diese Annahme plausibel, aber unzutreffend ist. So fasst bspw. Jonas-Ahrend (2003, S. 121) zusammen: *„Im Ergebnis kann man feststellen, dass von den Lehrern […] die Bedeutung der Experimente für die Schüler relativ selten hervorgehoben [wird]. Experimente werden von den Lehrern also nicht nur für die Schüler eingesetzt, sondern aus eigener Überzeugung heraus, dass Experimente zum Physikunterricht bzw. zur Physik gehören oder den Stundenablauf erleichtern."*
Die am CERN in Kooperation mit der Universität Frankfurt a. M. derzeit durchgeführte Studie nimmt ihren Ausgangspunkt bei diesen Überlegungen. Der Einsatz von Experimenten wird dabei nicht a priori als durch didaktische Zielstellungen determiniert angesehen, sondern ganz allgemein als Verhalten von Lehrkräften konzeptualisiert, das mittels des *Reasoned Action Approaches* (Fishbein & Ajzen, 2010), einer prädiktiven Verhaltenstheorie, operationalisiert wird. Dies impliziert, dass die Determinanten dieses Verhaltens auf empirische Weise zu bestimmen sind. Die Grobstruktur des Forschungsdesigns wird dabei durch den *Reasoned Action*

Approach vorgegeben: Demgemäß sind zunächst die salienten, d. h. entscheidungsleitenden Überzeugungen qualitativ zu erheben, bevor in einem zweiten Schritt eine quantitative Studie zu den wesentlichen Konstrukten der Theorie durchgeführt werden kann (siehe Abb. 1).

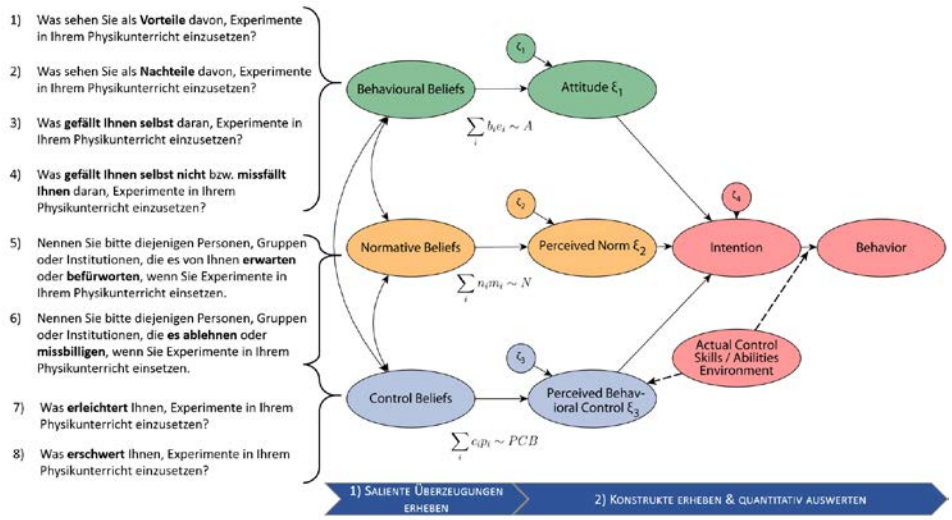


Abb.1 Studiendesign nach dem Reasoned Action Approach (rechts) und Items der qualitativen Vorstudie (links)

Eine Besonderheit der am CERN durchgeführten Studie besteht darin, dass sie als Dreiländerstudie konzipiert wurde, an der Lehrkräfte aus dem Vereinigten Königreich, Deutschland und Italien teilnehmen. Dabei werden die Fortbildungsprogramme für Lehrkräfte am CERN zur Akquise der Stichproben herangezogen. Darüber hinaus ermöglicht eine Kooperation mit dem Netzwerk Teilchenwelt (https://www.teilchenwelt.de/) weitere Lehrkräfte aus Deutschland in das Forschungsprojekt miteinzubeziehen.

Große Sorgfalt wurde auf die Erstellung der Messinstrumente und deren Übersetzung verwendet, auch eingedenk der von Millar und anderen vorgetragenen Kritikpunkte. So wurde bereits in der Phase der Itemgenese das Fragenbewertungssystem von Faulbaum et al. (2009) zur Identifikation von potentiellen Gefährdungen der Fragequalität herangezogen und nach Implementierung der Online-Umfrage in Drupal 8 ein zwei Phasen-Pretesting durchgeführt (Prüfer & Rexroth, 2000). Der Übersetzungsprozess orientiert sich dabei an aktuellen *Best Practices* (Harkness et al., 2010) und den Vorgehensweisen im *European Social Survey*: So wurde ein „Team-Ansatz" (team approach, siehe Behr et al., 2015) gewählt, bei dem jeweils zwei unabhängige Übersetzungen angefertigt wurden, je eine von einem professionellen Übersetzer und eine von einer Lehrkraft, deren Muttersprache die Zielsprache ist. Anschließend wurde vergleichend diskutiert, um die bestmögliche Übersetzungslösung zu erreichen.

Derzeit ist die Datennahme der qualitativen Studie weitgehend abgeschlossen, die quantitative Studie wird sich im Frühjahr 2020 anschließen. Erste Auswertungen aus den deutschen Lehrerprogrammen am CERN zeigen, dass einerseits die salienten Überzeugungen zum *Attitude*-Konstrukt (Einstellungs-Konstrukt) zahlreiche Aspekte bisheriger Studien reproduzieren, dass aber in den Konstrukten *Perceived Norm* (Wahrgenommene Norm) und *Perceived Control* (Wahrgenommene Verhaltenskontrolle) weitere potentiell entscheidungsleitende Faktoren abgebildet werden, die in den bisherigen Studien nicht sichtbar geworden sind.

Literatur

Abrahams, Ian; Millar, Robin (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. In: International Journal of Science Education 30 (14), 1945-1969

Beatty, J. W. & Woolnough, B. E. (1982). Practical Work in 11-13 Science: the context, type and aims of current practice. British Educational Research Journal, 8 (1), 23-30

Behr, D., Braun, M., Dorer, B., GESIS Survey Guideline. Messinstrumente in internationalen Studien, https://www.gesis.org/fileadmin/upload/SDMwiki/Messinstrumente_internationale_Studien_BehrBraunDorer_08102015_1.1.pdf (14.10.2019)

Dillon, Justin (2008): A Review of the Research on Practical Work in School Science. http://www.score-education.com/downloads/practical_work/Review_of_Research.pdf (14.10.2019)

European Social Survey (2018). ESS Round 9 Translation Guidelines. London: ESS ERIC Headquarters, https://www.europeansocialsurvey.org/docs/round9/methods/ESS9_translation_guidelines.pdf (14.10.2019)

Harkness, J. A., Braun, M., Edwards, B., Johnson, T. P., Lyberg, L., Mohler, P. et al. (Hrg.) (2010): Survey Methods in Multinational, Multiregional, and Multicultural Contexts. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. In: School Science Review 71 (256), 33–40

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards a More Critical Approach to Practical Work in School Science. In: Studies in Science Education 22 (1), 85–142

Hofstein, A., Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. In: Science Education 88 (2004), 28-54

Prüfer, P., Rexroth, M. (2000). Zwei-Phasen-Pretesting. https://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/zuma_arbeitsberichte/00_08.pdf (14.10.2019)

Faulbaum, F., Prüfer, P., Rexroth, M. (2009). Was ist eine gute Frage? Die systematische Evaluation der Fragenqualität. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden

Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior. The reasoned action approach. New York

Hopf, Martin (2007). Problemorientierte Schülerexperimente. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München

Jonas-Ahrend, G. (2003). Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. Berlin: Logos-Verlag

Kerr, J. F., Boulind, H. F., Scott, D. W., Rolls, M. J. & Stafford, E. (1963). Practical work in school science. An account of an inquiry sponsored by the Gulbenkian foundation into the nature and purpose of practical work in school science teaching in England and Wales. 1. Aufl. Leicester: Univ. Pr.

Millar, R., Practical Work. In: Osborne, J. & Dillon, J. (Hg.) (2010). Good Practice in Science Teaching. What research has to say. Second edition. Maidenhead: Open University Press, 108-134

Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S., Härtig, H. (2016). What students learn from hands-on activities. In: J Res Sci Teach 53 (7), 980–1002.

Swain, J., Monk, M., Johnson, S. (1999). A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. In: International Journal of Science Education 21 (12), 1311–1323

Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (2000). Developments in science teachers' attitudes to aims for practical work: continuity and change. Teacher Development, 4 (2), 281-292

Thompson, J. J. (1975). Practical work in sixthform science. An enquiry into the aims and methods of the teaching of practical work in sixthform science as perceived by teachers of physics, chemistry and biology. Oxford: University of Oxford Department of Educational Studies. Science Centre

Welzel, M., Haller, K, Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschnaiter, Stefan von (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden- Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 4 (1), 29-44

Lina Boyer Universität Duisburg-Essen
Anita Stender
Hendrik Härtig

Einfluss des Experimentiermaterials auf das Experimentieren im Physikunterricht

Theoretischer Hintergrund

Das Experimentieren im Physikunterricht kann als eine Interaktion der Schülerinnen und Schüler (im Folgenden SuS) mit dem Experimentiermaterial aufgefasst werden. Die SuS müssen das von der Lehrkraft zur Verfügung gestellte Material nutzen, um die vorgesehenen Experimente praktisch durchzuführen. Bei der praktischen Durchführung haben SuS vielfältige Probleme (z.B. Hammann 2004; Arnold, Kremer & Mayer, 2013). Diese Probleme sind gerade im Anfangsunterricht wenig verwunderlich, da das Experimentieren zunächst gelernt werden muss und als Unterrichtsziel das Erlernen von experimentellen Fähig- und Fertigkeiten im Vordergrund steht. Doch neben dem Erlernen experimenteller Fähigkeiten ist das Experimentieren im Physikunterricht auch ein Mittel, um Fachwissen zu generieren. Steht das fachliche Wissen im Vordergrund, sind die Probleme der SuS hinderlich, weil sie dazu führen können, dass das fachliche Lernziel nicht erreicht wird, da die SuS bei der praktischen Umsetzung der Experimente zu große Schwierigkeiten haben. Vor dem Hintergrund, dass die SuS dazu in die Lage versetzt werden sollen, einfache Experimente selbstständig planen, durchführen und auswerten zu können (KMK, 2004), sollte die Lehrperson in diesem Fall das Experimentiermaterials so auswählen, dass die Schwierigkeit der Experimente an die entsprechenden Fähigkeiten der SuS angepasst wird, um eine Über- bzw. Unterforderung zu vermeiden. Damit dies realisiert werden kann, muss zunächst analysiert werden, welche Merkmale des Experimentiermaterials zur gezielten Variation genutzt werden können, um die Schwierigkeit eines Experimentes zu verändern.

Ausgehend von einem Review (Boyer, Stender & Härtig, 2018) wurden Physiklehrkräfte befragt, welche Merkmale der Experimente sie im Physikunterricht als besonders relevant erachten (Boyer, Stender & Härtig, 2019). Die Anzahl der Kontrollvariablen und Wahlmöglichkeiten bezüglich der Messgeräte wurden als am relevantesten von den Lehrkräften erachtet. Ob diese Annahme zutrifft und die Anzahl der Kontrollvariablen und die Wahlmöglichkeiten die SuS tatsächlich bei der Planung und Durchführung von Experimenten und bei der Nutzung von Experimentierstrategien beeinflussen, wird in Forschungsfrage 1 untersucht.

Aufgrund des angenommenen Interaktionsprozesses zwischen der Person und dem Experimentiermaterial sind auch die Personenfähigkeiten relevant für das Experimentieren. Neben dem Vorwissen (Schraagen 1993; Lazonder, Wilhelm & van Lieburg, 2008; Simmons & Lunetta, 1993) und den kognitiven Fähigkeiten (u.a. Veenman & Spaans, 2005; Pedaste & Sarapuu, 2006) haben auch die Fähigkeit zur Variablenkontrolle (Vollmeyer, Bruns & Holyoak 1996; Chen & Klahr 1999) sowie andere metakognitive Strategien (Künsting 2007) nachweislich einen Einfluss auf das Experimentieren. Zusätzlich sind motivationale Aspekte, wie die Motivation, das Selbstkonzept, das Fach- und Sachinteresse, für die Bearbeitung von Experimenten bedeutsam (u. a. Nehring et al., 2015; Künsting, 2007). Mit Blick auf die mögliche Interaktion wird untersucht, inwiefern sich spezifische Effekte zwischen angebotenem Experimentiermaterial und personenbezogenen Merkmalen finden lassen (Forschungsfrage 2).

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine quasiexperimentelle Studie mit 13 Klassen der neunten Klassenstufe an Gymnasien im Ruhrgebiet durchgeführt. Insgesamt nahmen 257 SuS teil. Die Testung fand an zwei Testtagen statt. Am ersten Testtag (45 min) haben die SuS einen Paper-Penciltest ausgefüllt, der die personenbezogenen Fähigkeiten und allgemeine Informationen erfasst. Es wurde das Fachwissen (Eigenentwicklung; α_{cron}=.65), die Fähigkeit zur Variablenkontrolle (Eigenentwicklung, angelehnt an Schwichow 2015; α_{cron}=.58), die kognitive Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000; α_{cron}=.80) und das Fachinteresse (Engeln, 2004; α_{cron}=.84) erfasst. Im Abstand von einer Woche fand der Haupttesttag (90 min) statt. Es wurden ausgehend vom Vorwissen pseudorandomisiert vier Gruppen gebildet, die sich hinsichtlich des Vorwissens nicht unterscheiden. Die vier Gruppen bekamen unterschiedliches Experimentiermaterial, das sich hinsichtlich der Merkmale Anzahl der Kontrollvariablen und Wahlmöglichkeiten in einer niedrigen (-) oder hohen (+) Aus-prägung unterscheidet (Tab. 1). Alle Personen haben jeweils drei Mechanik Experimente (Federn, Auftrieb, schiefe Ebene) praktisch durchgeführt. Zur Dokumentation des Experimentierens wurden die SuS dazu aufgefordert, ein vorstrukturiertes Experimentierheft auszufüllen und Fotos von ihrer Durchführung aufnehmen zu lassen.

Tab.1:Einteilung anhand des Experimentiermaterials in vier verschiedene Gruppen.

	Anzahl der Kontrollvariablen	Wahlmöglichkeiten
Gruppe 1	-	-
Gruppe 2	+	-
Gruppe 3	-	+
Gruppe 4	+	+

Testinstrument: Experimentierheft

Das Experimentierheft wurde angelehnt an die Experimentierumgebung von MEKLSA (Theyßen et al. 2013) entwickelt. Je Experiment besteht das Experimentierheft aus 4 Seiten, die sich strikt nach Teilprozessen gliedern (Benennung der Variablen, Planung, Durchführung und Auswertung). Dabei wurde durch logische Abschnitte Folgefehler ausgeschlossen. Es wird nur auf die Phase der Planung und Durchführung eingegangen. Für die Auswertung der Experimentierhefte und Fotos wurde ein Kodiermanual entwickelt. Tabelle 2 zeigt die kodierten Kategorien. Insgesamt wurden 12 % der Experimente doppelkodiert (κ_{cohen}=.73-1). Anschließend wurden die Kategorien zur Planung, Durchführung und den genutzten Strategien zusammengefasst (s. Tab. 2).

Tab.2:Kategorien Auswertung der Experimentierhefte.

Kategorien	Durchführung α_{cron}=.68	Planung α_{cron}=.68	Strategien α_{cron}=.76
Grundaufbau	x	x	
Bestimmung aV & uV	x	x	
Qualitätder Bestimmung aV	x	x	
Qualitätder Bestimmung uV	x	x	
Auswahl Messgerät	x	x	
Messgenauigkeit*	x		
Beantwortung der FF *	x		
Variablenkontrolle			x
Messwiederholungen			x
Ablesefähigkeit			x
qualitative/quantitative Untersuchungen			x

*diese Kategorie gab es nur in der Durchführung

Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage, wurde zunächst erfolgreich überprüft, dass sich die Gruppen hinsichtlich der Kontrollvariablen nicht signifikant unterscheiden. Daraufhin wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse gerechnet. Die Gruppen unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Qualität der Planung ($F(3,256)=7.3$, $p=.000$, $\eta^2=.08$), in der

Durchführung (F(3,256)=3.0, p=.032, η^2=.03) sowie in der Nutzung von Strategien (F(3,256)=35.1, p=.000, η^2=.40) voneinander. Für die Planung ergibt sich ein mittlerer, für die Durchführung ein kleiner und für die Strategien ein großer Effekt. Anschließend wurde eine Kontrastanalyse gerechnet, um zu überprüfen, ob die Gruppe 1 (einfachste Ausprägung) signifikant besser abgeschnitten hat, als die anderen Gruppen. Die Berechnung dieses Kontrastes zeigt, dass erneut sowohl bei der Planung (t(257)=-3.35, p<.001), der Durchführung (t(257)=-2.68, p<.001) sowie bei der Nutzung von Strategien (t(257)=-6.97, p<.001) ein signifikanter Unterschied vorliegt. In allen drei Fällen schneidet die Gruppe 1 erfolgreicher ab als die anderen Gruppen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass das Experimentiermaterial Auswirkungen auf das Experimentieren der SuS hat. In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob Gruppe 4 (schwierigste Ausprägung) schlechter abschneidet als die Gruppen 2 und 3, in denen jeweils nur ein Merkmal in einer hohen Ausprägung vorliegt. Für die Planung (t(257)=-3.77, p=.03) und für die Strategien (t(257)=-4.20, p<.001) findet sich ein signifikanter Unterschied, nicht aber für die Durchführung (t(257)=-.33, p=.76). Es scheint für die Durchführung keinen Unterschied zu machen, ob ein oder zwei Merkmale des Experimentiermaterials in einer schwierigen Ausprägung vorliegen, wohl aber für die Planung und die Nutzung von Experimentierstrategien.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, inwiefern sich die Einflüsse der personenbezogenen Fähigkeiten in Abhängigkeit der Auswahl des Experimentiermaterials für die Planung und Durchführung sowie für die Nutzung von Experimentierstrategien unterscheiden, wurde ein Mehrgruppenpfadanalyse gerechnet (s. Abb.1). Es zeigt sich, dass nicht alle personenbezogene Fähigkeiten für alle Gruppen die gleiche Relevanz besitzen. Beispielsweise zeigt sich für Gruppe 2 die Variablenkontrolle als starker Prädiktor für die Nutzung von Experimentierstrategien. Dieser Zusammenhang ist erwartungskonform, da in dieser Variante zusätzliche Variablen kontrolliert werden müssen. Erwartet wurde auch ein signifikanter Zusammenhang für Gruppe 4, der sich nicht zeigt. Für Gruppe 1 und 3 spielen die Variablenkontrolle für die Strategien keine Rolle, wohl aber entweder für die Planung oder Durchführung der Experimente. Dies könnte daran liegen, dass bei einem Verständnis der Variablenkontrolle den SuS bewusst ist, das für die gezielte Untersuchung eines Zusammenhanges sowohl die Bestimmung der abhängigen als auch unabhängigen Variablen gemessen werden muss.

Insgesamt kann eine Variation des Experimentiermaterials dafür genutzt werden, die Schwierigkeit von Experimenten zu beeinflussen. Je mehr Merkmale verändert werden, desto schwieriger werden die Planung eines Experimentes und die Nutzung von Experimentierstrategien. Auch konnte gezeigt werden, dass verschiedene personenbezogene Fähigkeiten für unterschiedliche Materialvarianten unterschiedlich ausschlaggebend sind. In einer anschließenden Studie sollte überprüft werden, inwiefern eine Zuteilung der Gruppen anhand der personenbezogenen Fähigkeiten zu einer Verbesserung beim Experimentieren führt.

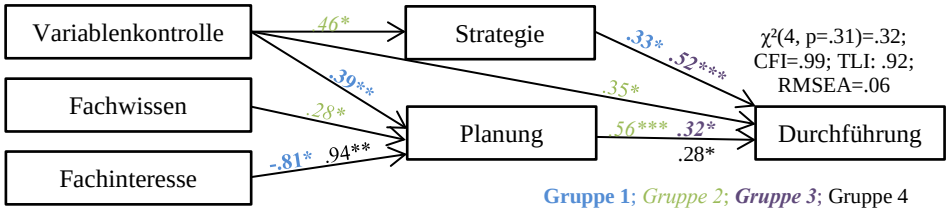


Abb.1: Mehrgruppenpfadanalyse für die Planung und Durchführung sowie Nutzung von Experimentierstrategien durch unterschiedliche personenbezogene Fähigkeiten.

Literaturverzeichnis

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren. Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In: Erkenntnisweg 11, S. 7–20

Boyer, L., Stender, A. & , Hendrik H. (2018). Schwierig? Einschätzung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 828). Universität Regensburg

Boyer, L., Stender, A. & Härtig, H. (2019). Schwierigkeit von Experimenten - Eine Lehrerbefragung. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 309). Universität Regensburg

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. In: Child Development 70 (5)

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 57 (4), S. 196–203

Heller, K.A. & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+ R. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (3., revidierte Aufl. des KFT 4-13+). Göttingen: Beltz

Kultusministerkonferenz (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Künsting, J. (2007). Effekte von Zielqualtität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren

Lazonder, A. W., Wilhelm, P. & Hagemans, M. G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. In: Learning and Instruction 18 (6), S. 580–592

Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2015). Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. In: International Journal of Science Education 37 (9), S. 1343–1363

Pedaste, M.; Sarapuu, T. (2006). The factors influencing the outcome of solving story problems in a web-based learning environment. In: Interactive Learning Environments 14 (2), S. 153–176.

Schraagen, J. M. (1993). How Experts Solve a Novel Problem in Experimental Design. In: Cognitive Science 17 (2), S. 285–309

Schwichow, M. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation.

Simmons, P. E. & Lunetta, V. N. (1993). Problem-Solving Behaviors during a Genetics Computer Simulation Beyond the Expert/Novice Dichotomy. In: Journal of Research in Science Teaching 30 (2), S. 153–173

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Dickmann, M. & Eickhorst, B. (2013). Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments. In S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 596 – 598.

Veenman, M. & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. In: Learning and Individual Differences 15 (2), S. 159–176

Vollmeyer, R., Burns, Bruce D. & Holyoak, Keith J. (1996). The impact of goal specificity on strategy use and the acquisition of problem structure. In: Cognitive Science 20 (1), S. 75–100

Felix Pawlak[1] [1]Universität zu Köln
Katharina Groß[2] [2]Universität Wien

Classroom-Management für das sichere und Gemeinsame Experimentieren

Theoretische Überlegungen

Der inklusive Chemieunterricht stellt Lehrende vor die Frage, wie sie mit der steigenden Heterogenität und Diversität ihrer Schüler*innen angemessen umgehen können. Neben notwendigen Veränderungen auf der Ebene der Schule bzw. der Schulentwicklung, ist es bedeutsam, dass auch auf der Ebene des Unterrichts das Recht aller Schüler*innen auf Teilhabe und Bildung verwirklicht wird (UNESCO, 1994). In der Literatur liegen unterschiedliche Rahmenkonzepte (z.B. UDL, Schlüter & Melle, 2017) und didaktische Ansätze (Diagnose, Differenzierung und individuelles Fördern) vor, wie das Gemeinsame fachliche Lernen im Chemieunterricht für alle Schüler*innen zielführend und lernförderlich gestaltet werden kann (u.a. Baumann, Kieserling, Struckholt, & Melle, 2018; Groß, 2017; Abels, 2015; Menthe & Hoffmann, 2015; Krumm, Zimmerer & Kremer, 2008). Diesen Ansätzen ist gemein, dass sie sich verstärkt auf die inhaltlich-methodischen Möglichkeiten zur individuellen Förderung von Schüler*innen fokussieren und die gegebenen strukturellen Rahmenbedingungen des Chemieunterrichts implizit nutzen. Ein anderes Rahmenkonzept, das insbesondere von diesen strukturellen Rahmenbedingungen ausgeht, stellt das Classroom-Management dar. Das übergeordnete Ziel des Classroom-Managements ist es, lernförderliche und störungsarme Bedingungen in der Gesamtheit des (Chemie-)Unterrichts durch den Einsatz gezielter, forschungsbasierter Strategien zu schaffen, sodass das Lehren und Lernen erfolgen kann (Emmer & Evertson, 2013). Insbesondere mit Blick auf die Ermöglichung des Gemeinsamen Experimentierens im inklusiven Chemieunterricht gewinnt das Classroom-Management an Bedeutung und wird in der Literatur als wesentliche Gelingensbedingung im Umgang mit stark heterogenen und inklusiven Lerngruppen hervorgehoben (u.a. Seiz, Decristan, Kunter, & Baumert, 2016; Claßen, 2013; Lotan, 2006; Soodak & McCarthy, 2006).

Das Gemeinsame Experimentieren wird in diesem Zusammenhang als die Idee des Gemeinsamen Lernens (KMK, 2011) und des Schülerexperiments im Chemieunterricht verstanden, welches das Ziel hat, allen Schüler*innen das Experimentieren zu ermöglichen und sie durch das handlungsorientierte Erfahrungsfeld des Schülerexperiments im Hinblick auf ihre lern- und entwicklungsbezogenen Bedürfnisse bestmöglich zu fördern. In dem vorliegenden Forschungsprojekt wird das Classroom-Management für inklusive Lerngruppen, das eine wichtige Facette der Lehrerkompetenz zur Schaffung lernförderlicher Bedingungen darstellt, für das Gemeinsame Experimentieren in den Fokus genommen, um die notwendigen Voraussetzungen für das erfolgreiche Lernen im inklusiven Chemieunterricht zu schaffen. Dabei wird der Forschungsfrage nachgegangen, welche spezifischen Strategien des Classroom-Managements wesentlich für das Gelingen des Gemeinsamen Experimentierens sind.

Aufbau der Studie

Das Ziel des Forschungsprojektes stellt die Identifikation chemiespezifischer Strategien des Classroom-Managements für das Gemeinsame Experimentieren dar. Das gesamte Projekt gliedert sich in fünf Teilschritte (vgl. Abb.1). Im ersten Schritt, der Exploration, ging es zunächst darum, zu erheben, welche experimentierbezogenen Herausforderungen in der inklusiven Praxis des Chemieunterrichts aus Sicht praktizierender Chemielehrer*innen einerseits vorzufinden sind und andererseits, wie diese lernförderliche Arbeitsbedingungen mit Hilfe des Classroom-Managements in der inklusiven Praxis zu gestalten sind (siehe

Pawlak & Groß, 2019). Der vorliegende Beitrag knüpft an diesen Erkenntnissen an und fokussiert sich auf den anschließenden Schritt der Identifikation und Entwicklung der Strategien des Classroom-Managements und deren qualitative Erforschung.

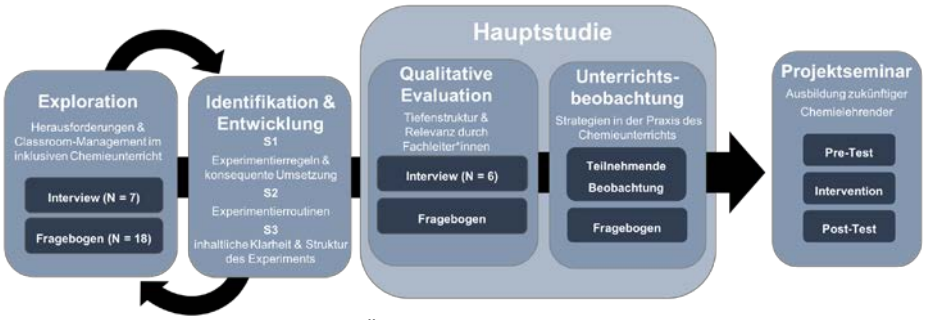


Abbildung 1: Übersicht des Forschungsprojektes

Die sich daran anschließende Hauptstudie ist in die Teilschritte der qualitativen Evaluation und Unterrichtsbeobachtung der identifizierten Strategien gegliedert, deren Erkenntnisse langfristig in die universitäre Lehrerbildung (Projektseminar) eingebettet werden sollen.

Identifikation und Entwicklung chemiespezifischer Strategien

Innerhalb des Identifikations- und Entwicklungsschritt, der als iterativer Prozess (Prinzip der Zirkularität, Döring & Bortz, 2016) zwischen den Ergebnissen der Exploration und einer zusätzlichen Literaturanalyse ablief, wurden die chemiespezifischen Strategien des Classroom-Managements extrahiert (S1, S2 & S3, s. Tab.1). Die Literaturanalyse triangulierte chemieunterrichtspraktische Literatur, chemiedidaktische Literatur und Literatur der Pädagogik sowie der Lehr-Lern-Forschung zum Classroom-Management. Anhand dieser systematischen Verknüpfung wurden drei Zielstrategien entwickelt:

Tabelle 1: Spezifische Strategien des Classroom-Managements

S1 Experimentierregeln & konsequente Umsetzung		
Verhaltensstandards, die das Experimentieren ordnen und den Handlungsrahmen für das Handeln der Schüler*innen im Fachraum bilden. Verhalten muss gezielt aufgebaut werden und gerade im Kontext von Schülerexperimenten gilt es regelwidriges Verhalten zu sanktionieren und förderliche, sichere Verhaltensweisen zu stabilisieren, was mithilfe von positiven und negativen Konsequenzen unterstützt werden kann.		
S1.1 Allgemeine Experimentierregeln	Allgemeine Verhaltensstandards, die das Gemeinsame Experimentieren ordnen und die Sicherheit bei Vorbereitung, Durchführung, Entsorgung und Abbau gewähren sollen.	
S1.2 Spezifische Experimentierregeln	Spezifische Verhaltensstandards, die die besonderen Anforderungen des jeweiligen Experiments sicherstellen und darauf angepasst sind.	
	S1.2.1 Stoffspezifisch Umgang mit Chemikalien unter Beachtung von Gefahren, Sicherheitsmaßnahmen, Entsorgung, speziellen Vorgehensweisen, welche mithilfe von Symbolen, Piktogrammen (siehe S3), H-&P-Sätzen usw. verdeutlich werden können	**S1.2.2 Gerätspezifisch** Vorgehensweisen und Sicherheitsmaßnamen, welche im Umgang für jedes Gerät charakteristisch sind. Unterstützung durch die Geräteroutinen (siehe S2.3)
S1.3 Konsequente Umsetzung	Gezielter Aufbau von Verhalten durch Stabilisierung förderlicher Verhaltensweisen und Sanktionierung von regelwidrigem Verhalten. **Konsequenzen** - interventive Maßnahmen, die auf Beachtung und Missachtung von Experimentierregeln eingesetzt werden. Der angemessene Umgang mit Störungen und Regelverletzungen spielt eine wichtige Rolle, bei der das interaktive und situative Agieren der Lehrenden zentral ist.	
	S1.3.1 positive Konsequenzen interventive Maßnahmen, die auf die Beachtung von Experimentierregeln eingesetzt werden (z.B. Lob)	**S1.3.2 negative Konsequenzen** interventive Maßnahmen, bei Missachtung von Experimentierregeln (z.B. Ermahnung)
S2 Experimentierroutinen		
Spezifische Verhaltens- und Handlungsmuster für wiederkehrende Situationen beim Experimentieren. Routinen müssen eingeführt und eingeübt werden, um Zeit und Aufwand für Schülerexperimente im Verlauf zu reduzieren sowie die Sicherheit beim Experimentieren zu erhöhen. Regeln sind in Abgrenzung zu Routinen deutlich expliziter und sind zwingend schriftlich festzuhalten.		
S2.1 Allgemeine Experimentierroutinen	Allgemeine Verhaltens- und Handlungsmuster für wiederkehrende Situationen beim Experimentieren.	
S2.2 Organisations- & Mobilitätsroutinen	Organisations- und Mobilitätsroutinen ordnen das Experimentieren und unterstützen die Abläufe während des Experimentierens (u.a. Experimentierrollen, Aufgabenverteilungen, Bewegung im Fachraum).	
S2.3 Geräteroutinen	Die Geräteroutinen umfassen das Einüben fester Handlungsskripte (Routinen) im Umgang mit chemiespezifischen Geräten wie dem Bunsenbrenner.	
S3 inhaltliche Klarheit & Struktur des Experiments		
Die inhaltliche Klarheit und Struktur zielen auf eine thematisch plausible, verständliche und klare Struktur der Planung, Vorbereitung, Durchführung und Auswertung eines Experiments für die Schüler*innen ab. Dabei gilt es auf Verständlichkeit und sprachliche Klarheit zu achten, welche mithilfe von Einfachheit, Kürze und Gliederung realisiert, sowie durch Visualisierungen unterstützt werden kann.		

Das qualitative Studiendesign zeigt mit den drei chemiespezifischen Strategien des Classroom-Managements Möglichkeiten zur Gestaltung von sicheren und förderlichen Bedingungen für das Gemeinsame Experimentieren auf. Die drei dargelegten spezifischen Strategien sind dabei eng miteinander verknüpft und können in weitere Substrategien unterteilt werden. Diesen Substrategien liegen wiederum einzelne Maßnahmen für den Chemieunterricht zu Grunde, welche Möglichkeiten darstellen, das Gemeinsame Experimentieren sowohl auf der organisatorischen als auch auf der inhaltlichen Ebene zu strukturieren, sodass dieses sicher und effektiv im inklusiven Chemieunterricht ablaufen kann.

Konsequenzen und Ausblick

Im Zuge der Forschungsfrage, welche spezifischen Strategien des Classroom-Managements zum Gelingen des Gemeinsamen Experimentierens beitragen können, wurden drei Strategien identifiziert, die vielversprechende Handlungsmöglichkeiten für das Gemeinsame Experimentieren darstellen. Diese gilt es in der folgenden Hauptuntersuchung tiefergehend zu analysieren und im Rahmen der qualitativen Evaluation hinsichtlich ihrer Relevanz für die Sicherheit der Schüler*innen sowie im Hinblick auf die Ermöglichung einer effektiven Experimentierzeit beim Gemeinsamen Experimentieren zu untersuchen. Dazu werden leitfadengestützte Experteninterviews (N=6) mit Fachleiter*innen aus Zentren für die schulpraktische Lehrerausbildung geführt, um die praxisnahen Erfahrungen und ihr Expertenwissen zu nutzen. Das qualitative Untersuchungsdesign der Evaluation dient dazu, um Erkenntnisse über die Strategien, weiteren Substrategien, Einzelmaßnahmen und Wirkungsweisen des Classroom-Managements für das Gemeinsame Experimentieren aus Sicht der Fachleiter*innen zu gewinnen. Zudem werden mögliche Verbesserungsvorschläge einbezogen. Der eingesetzte, halbstrukturierte Interviewleitfaden beginnt zunächst mit offenen Einstiegsimpulsen („Beschreiben Sie bitte, wie Sie die Bedeutung des Classroom-Managements beim Schülerexperiment für die Sicherheit einschätzen.“, „Wie kann das Classroom-Management aus Ihrer Sicht zur Sicherheit für das Schülerexperiment beitragen? Nennen Sie konkrete Beispiele.“), sodass die Fachleiter*innen zunächst die aus ihrer Sicht relevanten Strategien des Classroom-Managements benennen können. Anschließend folgen Materialimpulse (Niebert & Gropengießer, 2014) zu den spezifischen Strategien, welche sich an den identifizierten und entwickelten Strategien und Definitionen aus Tabelle 1 orientieren. Innerhalb der Datenauswertung wird die Relevanz des Classroom-Managements für die Sicherheit und für die effektive Experimentierzeit anhand der skalierenden Strukturierung als Technik der deduktiven Kategorienanwendung bestimmt. Die Tiefenstruktur von S1, S2 und S3 wird mithilfe der inhaltlichen Strukturierung deduktiv analysiert (Mayring, 2015).

Als erstes Ergebnis der qualitativen Evaluation zeigt sich bisher, dass die Fachleiter*innen die ermittelten chemiespezifischen Strategien (z.B. S2.2 Organisationsroutinen) als grundlegend für die Sicherheit (*„[...] von sehr hoher Bedeutung, denn so wie ich das organisiere in meinem Unterricht, wie ich die Schüler experimentieren lasse-. Es gibt ja verschiedene-. Es gibt ja offene und geschlossene Formen der Aufgabenstellungen auch beim Experimentieren. Da hängt es ja ganz viel davon ab, wer mit wem und mit welcher Aufgabenverteilung experimentiert. Deswegen ist das eigentlich ein ganz wesentlicher Aspekt.“*[QE3]) und für die effektive Experimentierzeit einordnen (*„Ja, also einen riesigen, wenn das nicht funktioniert, dauert es ja unendlich lange ohne Ergebnis. Also im Grunde genommen geht es ja darum, dass die Schüler genau das machen, was sie machen sollen.“*[QE1]). Im Folgenden gilt es nun vertiefende Einblicke in die drei identifizierten Strategien, den Substrategien und deren Relevanz zu erhalten, sodass diese im weiteren Forschungsprozess ausdifferenziert und verdichtet werden können.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In: N.L. Yates (Ed.). New Developments in Science Education Research. Hauppauge: Nova science, 77-95.

Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S., & Melle, I. (2018). Verbrennungen—Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. CHEMKON, 25(4), 160–170.

Claßen, A. (2013). Classroom-Management im inklusiven Klassenzimmer: Verhaltensauffälligkeiten: vorbeugen und angemessen reagieren. Mülheim an der Ruhr: Verl. an der Ruhr.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer.

Emmer, E. T., & Evertson, C. M. (2013). Classroom management for middle and high school teachers. Boston: Pearson.

Groß, K. (2017). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. In: Ch.S. Reiners (Hrsg.). Chemie vermitteln - Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen. Berlin, Heidelberg: Springer, 148-167.

Krumm, B., Zimmerer, E., & Kremer, M. (2008). Diagnostizieren und Fördern im Chemieunterricht (Gesellschaft Deutscher Chemiker - Fachgruppe Chemieunterricht, Hrsg.).

Kultusministerkonferenz (2011). Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 20.10.2011).

Lotan, R. A. (2006). Managing Groupwork in Heterogeneous Classroom. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Eds.), Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues, 525–540.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., aktualisierte und überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer, 131–141.

Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestütze Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 121–132.

Pawlak, F., & Groß, K. (2019). Classroom-Management im inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg, 125-128.

Schlüter, A.-K., & Melle, I. (2017). Luft ist komprimierbar. Beispiele für die Umsetzung des Universal Design for Learning. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, (162), 36–39.

Seiz, J., Decristan, J., Kunter, M., & Baumert, J. (2016). Differenzielle Effekte von Klassenführung und Unterstützung für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 30(4), 237–249.

Soodak, L. C., & McCarthy, M. R. (2006). Classroom Management in Inclusive Settings. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Hrsg.), Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues, 461–490.

UNESCO (1994). Die Salamanca Erklärung und der Aktionsrahmen zur Pädagogik für besondere Bedürfnisse. https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-03/1994_salamanca-erklaerung.pdf (letzter Zugriff am 08.10.2019).

Volker Brüggemann Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Einsatz adaptiver Testformate und Umsetzung im Projekt ValiDiS

Theoretische Rahmung

Mit dem Ko-WADiS-Test liegt ein Instrument vor, dass für die Kompetenzmessung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens entwickelt und erprobt wurde (Hartmann et al., 2015; Straube, 2016). Diese Kompetenz wird definiert nach Modellen von Mayer (2007) sowie Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) und ist im Bereich der Erkenntnisgewinnung zu verorten.

Im Testinstrument wird sie anhand von sieben verschiedenen Facetten operationalisiert, die jeweils eine typische Handlung in naturwissenschaftlichen Untersuchungen darstellen (Fragestellungen formulieren, Hypothesen bilden, Untersuchungen planen und durchführen, Daten auswerten, den Zweck von Modellen erkennen, Modelle testen und Modelle abändern). Die Messung findet anhand von dichotomen Multiple-Choice Aufgaben statt. Bei den bisherigen Erhebungen wurde ein Testheft eingesetzt, das für jede der Facetten jeweils eine Aufgabe mit Kontexten aus den Fächern Biologie, Chemie und Physik, also insgesamt 21 Items beinhaltet. Für die im Projekt ValiDiS andauernden Längsschnittstudien werden mehrere solcher Testhefte in einem Multimatrix-Design verwendet. Der Itempool des gesamten Instruments umfasst 63 Aufgaben, die auf die Fächer und Facetten gleichverteilt sind.

Die bisher im Projekt erfassten Daten (N > 10.000) weisen auf eine valide Auslegung der Testdaten zur Kompetenzerfassung hin. Problematisch ist hierbei noch die Testgenauigkeit, die je nach Testheft schwankt und im Gesamtdatensatz bei einer EAP/PV-Reliabilität von 0.55 liegt. Betrachtet man andere Testinstrumente, die ähnliche Kompetenzkonstrukte durch rein papierbasierte Messung erfassen wollen, zeigen sich vergleichbare Reliabilitäten (vgl. Wellnitz, 2012; Woitkowski, 2015). Dennoch ist die Messgenauigkeit als gering zu bezeichnen. Für die projektinternen Forschungsvorhaben (in den Projekten Ko-WADiS und ValiDiS; vgl. auch Straube, 2016) wurden bzw. werden daher auch nur Gruppenwerte erhoben, die verlässliche Diagnose von Einzelpersonen ist nicht möglich. Da das Instrument nach Abschluss des laufenden Projektes veröffentlicht und weiterhin eingesetzt werden soll, auch an Standorten mit kleinen Stichprobengrößen, muss an dieser Stelle nachgebessert werden. Eine Möglichkeit, für die keine vollständige Neukonzipierung der Aufgaben notwendig ist, bietet die Erstellung einer adaptiven Testversion.

Adaptive Tests passen sich in ihrer Schwierigkeit an die Proband*innen an. Während der Testanwendung wird, nachdem erste Items bearbeitet wurden, die Fähigkeit des/der Probanden/in individuell von einem Algorithmus geschätzt. Dies geschieht auf der Grundlage zuvor festgesetzter Item-Kennwerte und den bisher gegebenen Antworten. Die geschätzte Personenfähigkeit wird verwendet, um im Folgenden optimal zu den jeweiligen Proband*innen passende Aufgaben auszuwählen und die gewonnen Information pro Aufgabe zu maximieren (SARI et al., 2016; Frey, 2012).

Durch mehrfache Wiederholung dieses Vorgangs kann der Test die Schätzung und Item-Auswahl verfeinern und somit auf einzelne Proband*innen adaptiv reagieren. Vergleichende Studien zeigen, dass adaptive Testverfahren gegenüber linearen Instrumenten (klassische Papiertests, auch FIT für *Fixed-Item-Test* genannt) die zeitliche Testökonomie deutlich erhöhen können (vgl. Weiss, 1982). Im Projekt ValiDiS wurde daher ein adaptiver Multistage-Test auf Grundlage des bestehenden Itempools entwickelt. Die Konzeption und

die Simulationsstudien zur Findung eines optimalen Testalgorithmus wurden 2018 durchgeführt und abgeschlossen (Brüggemann & Nordmeier, 2019).

Pilotierungsstudie – Vorgehen

Um das neue Testformat zu evaluieren, wurde im ersten Quartal 2019 eine Pilotierungsstudie durchgeführt. Die Zielgruppe waren Lehramtsstudierenden der drei naturwissenschaftlichen Fächer. Aufgrund der kleinen Studierendenzahlen in diesen Studiengängen sowie der ‚Vorbelastung' durch vorherige Befragungen mit der klassischen Version des Instruments konnte aber zunächst keine ausreichend große Stichprobe für die Pilotierung gewonnen werden. Da sich auch Studierende des Sachunterrichts im Grundschullehramt mit naturwissenschaftlichen Inhalten befassen, sofern sie Naturwissenschaften als Studienschwerpunkt gewählt haben, kamen sie ebenfalls für den Testeinsatz in Frage und wurden auch schon in früheren Studien untersucht (Straube, 2016). Es konnte hier eine Stichprobe von N = 283 Studierenden gewonnen werden, die zuvor noch nicht mit den Items des Instruments konfrontiert worden waren.

Die Pilotierung fand in Gruppen á maximal 30 Personen und unter Aufsicht von mit dem Instrument vertrauten Personen statt. Ein Zeitlimit wurde nicht gegeben. Die Teilnehmer*innen wurden vor der Befragung explizit darauf aufmerksam gemacht, dass es sich um ein adaptives Testinstrument handelte. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da

- entgegen üblicher Befragungsformate am Standort keine Antwortkorrektur möglich war und
- die Anpassung der Itemschwierigkeiten zu Motivationsverlusten führen kann (Frey et al., 2009).

Pilotierungsstudie – Ergebnisse

Im ersten Schritt der Auswertung wurden die Bearbeitungszeiten der Items analysiert. Es zeigte sich bei fünf der 283 Datensätze ein eindeutiges Rateverhalten (Aufgaben wurden systematisch und signifikant schneller bearbeitet als vom Gruppenmittel), weshalb sie für alle weiteren Auswertungen ausgeschlossen wurden.

Die mittlere Bearbeitungszeit der Befragung lag bei 22 Minuten (mit einer Standardabweichung von 6 Minuten; Abb. 1). Erfahrungswerten nach wird die Zeit für das papierbasierte Instrument bei 35 bis 45 Minuten angelegt. Hierbei ist anzumerken, dass diese Werte anekdotisch und damit vermutlich gruppenbezogen sind, also den Zeitpunkt darstellen, zu dem jeweils die meisten Proband*innen fertig waren. Für den Vergleich wird daher die mittlere anekdotische Zeitangabe (40 min) vergleichen mit der Zeitmarke im adaptiven Test, zu dem die Mehrheit der Stichprobe fertig war: 28 min, eine Standardabweichung später als der Mittelwert. Das stellt eine Verkürzung der Bearbeitungszeit um 30% dar und deckt sich mit der Reduzierung der pro Person bearbeiteten Aufgaben von 21 im Papierformat zu 15 im adaptiven Test.

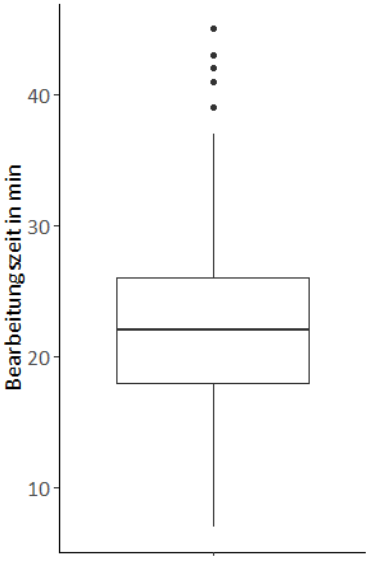


Abb. 1: Bearbeitungszeiten des adaptiven Tests (Pilotierung)

Die erreichte EAP-Reliabilität der Messung betrug 0.62. Sie lag damit über der des Papierinstruments und geringfügig unter der Prognose der zuvor durchgeführten Simulationen[1].

	Papierversion, Längsschnittdaten	optimierte Papierversion, simuliert	adaptive Version, Simulation	adaptive Version, Pilotierung
Testlänge (Anz. Items)	21	21	15	15
EAP-Reliabilität	0.55	0.6	0.63	0.62

Tabelle 1: Übersicht der Testlängen und Messgenauigkeiten (simuliert und real)

Betrachtet man zusammenfassend die Unterschiede zwischen den Pilotierungsdaten zur adaptiven Version und den vorliegenden Daten des Papierinstruments (Tabelle 1), zeigt sich eine Reduzierung der Testlänge um ~30% sowie eine Erhöhung der Messgenauigkeit um ~13%. Der Informationsgewinn pro Item (oder auch die zeitliche Ökonomie des Instruments) konnte um 60% gesteigert werden.
Die vorliegenden Ergebnisse sind vermutlich durch die Auswahl der Stichprobe leicht verzerrt. Verglichen zur ursprünglich angepeilten Population war die mittlere Personenfähigkeit der Proband*innen um 0,7 Standardabweichungen geringer (diese Schätzung basiert auf den Daten früherer Erhebungen mit dem Papierinstrument). Die Diskrepanz zwischen angenommener und realer Stichprobenverteilung schränkt die Messgenauigkeit des Instruments ein, da die ursprünglichen Fähigkeitsannahmen stark in die Zusammenstellung der verwendeten Items einflossen. Es wird hier von einer Reduzierung der Messgenauigkeit mit schwachem Effekt ausgegangen.

Ausblick
Den Ergebnissen der Pilotstudie folgend wird die Umsetzung ins adaptive Testformat zunächst als erfolgreich eingestuft. Daher soll es nach Abschluss des Projekts ValiDiS zusammen mit der papierbasierten Variante bis Mitte 2020 veröffentlicht werden. Der Ort der Veröffentlichung ist aktuell noch offen, zur Diskussion steht u. a. die Plattform tet.folio, auf der der adaptive Test zurzeit für Entwicklungszwecke eingesetzt wird.
Ebenso muss noch über die endgültige Länge des Testinstruments entschieden werden. Im Sinne einer höheren Messgenauigkeit ist zu prüfen, ob die adaptive Testversion auf die ursprüngliche Testlänge erweitert werden sollte. Unabhängig von der projektinternen Entscheidung wird durch die Veröffentlichung von Testalgorithmus, Itempool, Datenbank und Simulationsskripten aber in Zukunft die Möglichkeit bestehen, das Instrument in seiner Länge zu variieren. Je nach Kontext kann so zwischen Belastung der Proband*innen und notwendiger Messgenauigkeit abgewogen werden.

[1] In einer früheren Veröffentlichung (Brüggemann & Nordmeier, 2019) wurde eine höhere Prognose der Messgenauigkeit aus Simulationen angegeben. Die Änderungen sind dadurch begründet, dass die Simulationen zwischenzeitlich wiederholt wurden. Die neuen Prognosen basieren auf einer stärker eingeschränkten Datenbasis, die der Zielgruppe besser entsprechen sollte. Durch die Neuberechnung ergab sich die konservativere Einschätzung.

Literatur

Brüggemann, Volker; Nordmeier, Volkhard (2019): Adaptive Leistungsmessung naturwissenschaftlichen Denkens. In: Christian Maurer (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP Jahrestagung in Kiel 2018. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel, 17.-20.09.2018. Universität Regensburg (39), S. 404–407.

Frey, Andreas (2012): Adaptives Testen. In: Helfried Moosbrugger und Augustin Kelava (Hg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), S. 275–293.

Frey, Andreas; Hartig, Johannes; Moosbrugger, Helfried (2009): Effekte des adaptiven Testens auf die Motivation zur Testbearbeitung am Beispiel des Frankfurter Adaptiven Konzentrationsleistungs-Tests. In: *Diagnostica* 55 (1), S. 20–28. DOI: 10.1026/0012-1924.55.1.20.

Hartmann, Stefan; Mathesius, Sabrina; Stiller, Jurik; Straube, Philipp; Krüger, Dirk; Upmeier zu Belzen, Annette (2015): Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In: Barbara Koch-Priewe, Anne Köker, Jürgen Seifried und Eveline Wuttke (Hg.): Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 39–58, zuletzt geprüft am 10.10.2019.

Mayer, Jürgen (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Dirk Krüger und Helmut Vogt (Hg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), S. 177–187, zuletzt geprüft am 10.10.2019.

SARI, Halil Ibrahim; YAHSI-SARI, Hasibe; Corinne HUGGINS-MANLEY, Anne (2016): Computer Adaptive Multistage Testing: Practical Issues, Challenges and Principles. In: *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, S. 388. DOI: 10.21031/epod.280183.

Straube, Philipp (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Freie Universität Berlin, Berlin. Fachbereich Physik, zuletzt geprüft am 14.10.2019.

Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: *Zeitschrift der Didaktik der Naturwissenschaften* 16, S. 41–57, zuletzt geprüft am 10.10.2019.

Weiss, David J. (1982): Improving Measurement Quality and Efficiency with Adaptive Testing. In: *Applied Psychological Measurement* 6 (4), S. 473–492. DOI: 10.1177/014662168200600408.

Wellnitz, Nicole (2012): Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos Verlag (Biologie lernen und lehren, Band 2).

Woitkowski, David (2015): Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2015. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 185).

Livia Murer[1]
Susanne Metzger[2]
Andreas Vorholzer[3]
Angela Bonetti[1]
Christoph Gut[1]

[1]Pädagogische Hochschule Zürich
[2]Fachhochschule Nordwestschweiz
[3]Justus-Liebig-Universität Gießen

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Einschätzung experimenteller Kompetenz im hands-on-Test

Experimentelle Kompetenz kann auf unterschiedliche Weise eingeschätzt werden, häufig mit paper-and-pencil-Tests, Computersimulationen oder hands-on-Tests (z. B. Schreiber et al., 2009; Baxter & Shavelson, 1994; Solano-Flores et al., 1999 oder Webb et al., 2000). Bei hands-on-Tests gibt es wiederum verschiedene *Methoden*, um die experimentelle Kompetenz zu schätzen, z. B. Beobachtungen, Schülerprotokolle oder Interviews. Studien zum Vergleich der Einschätzungen durch Beobachtungen und Schülerprotokolle kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen bzgl. der Passung der Einschätzungen (z. B. Baxter & Shavelson, 1994; Shavelson et al., 1999; Hild et al., 2018 oder Schreiber et al., 2016). Shavelson et al. (1999) finden beispielsweise gute Übereinstimmungen zwischen Beobachtungen und Schülerprotokollen während bei Hild et al. (2018) die mit Beobachtungen und Schülerprotokollen geschätzten Kompetenzwerte nur gering miteinander korrelieren. Zum Vergleich von Schülerprotokollen und Interviews bzw. Interviews und Beobachtungen gibt es kaum Studien. Baxter et al. (1995) konnten zeigen, dass Lernenden, denen auf Basis einer Beobachtung ein hoher Kompetenzwert zugewiesen wurde, im Interview auch qualitativ bessere Erklärungen äußern und es somit anscheinend einen Zusammenhang zwischen diesen Methoden gibt.

Die vorgestellte Studie wurde im Rahmen des durch den Schweizerischen Nationalfonds geförderten Projekts ExKoNawi (*Ex*perimentelle *Ko*mpetenz in den *Na*tur*wi*ssenschaften) realisiert. Das im Projekt ExKoNawi entwickelte Modell zur Beschreibung experimenteller Kompetenz unterscheidet zwischen verschiedenen Problemtypen, z. B. «Naturwissenschaftliches Messen mit vorgegebenen Instrumenten», «Vergleichende Untersuchung von Objekten» und «Experimentelle Untersuchung der Beziehung zwischen Variablen» (Bonetti et al., 2016; Gut et al. 2014). Beim Problemtyp «Naturwissenschaftliches Messen mit vorgegebenen Instrumenten» (kurz «Messen») wird die experimentelle Kompetenz mit 15 Indikatoren eingeschätzt. Ziel dieser Studie ist es, bei den hands-on-Aufgaben des Problemtyps «Messen» verschiedene Methoden zur Einschätzung der experimentellen Kompetenz zu vergleichen. Dazu wird auf Basis von Schülerprotokollen (P), Beobachtungen mittels Videos (V) und Interviews (I) bewertet, inwiefern die 15 Indikatoren experimenteller Kompetenz von den Lernenden erfüllt werden. Die gemeinsame Betrachtung von P, V und I wird dabei als Benchmark betrachtet, der die genauste Schätzung experimenteller Kompetenz darstellt. Dabei gilt ein Indikator als erfüllt, sobald er von den Lernenden in einer der drei Methoden erfolgreich gezeigt wird. Mit dem Benchmark werden die Schätzung der einzelnen Methoden verglichen; die Forschungsfrage lautet:

Inwiefern gibt es systematische Abweichungen bei der Einschätzung der experimentellen Kompetenz beim Problemtyp «Messen» zwischen Schülerprotokollen (P), Schülerprotokollen und Beobachtungen (P&V), Schülerprotokollen und Interviews (P&I) und dem gesetzten Benchmark (P&V&I) bzgl. des geschätzten Kompetenzwertes?

Die Beobachtungen werden zusammen mit den Schülerprotokollen ausgewertet (P&V), da nicht alle Indikatoren im Video ersichtlich werden (z. B. Indikatoren zum Ergebnis werden im Video nicht ersichtlich). Auch die Interviews werden zusammen mit den Schülerprotokollen

ausgewertet (P&I), da die Protokolle bei den Interviews als Stimulus dienten und somit die Interviews nicht isoliert betrachtet werden können.

Stichprobe und Design

Die Stichprobe umfasst 27 Schülerinnen und Schüler (SuS) aus sechs verschiedenen Klassen (alle 8. Schuljahr; mittleres Niveau; 13-15 Jahre alt; 48% weiblich). Jede Klasse wurde vier Mal besucht. Bei jedem Besuch wurde eine andere, aber vergleichbare hands-on-Aufgabe des Problemtyps «Messen» von den SuS bearbeitet. Während dem Bearbeiten der Aufgabe haben die SuS ihre Vorgehensweise und Ergebnisse im Schülerprotokoll festgehalten (P) und wurden zusätzlich videografiert (V). Nach der Bearbeitung der Aufgabe wurden die SuS in Einzelinterviews dazu befragt, wie sie bei der Bearbeitung der Aufgabe vorgegangen sind und warum (I). Da jede Klasse insgesamt vier Mal besucht wurde, stehen insgesamt 108 Schülerprotokolle, 108 Videos und 108 Interviews für die Auswertung zur Verfügung.

Die Schülerprotokolle, Videos und Interviews wurden mit einem standardisierten Manual im Hinblick auf das Vorhandensein der 15 Indikatoren kodiert. Mind. 15 % der Daten (P, V bzw. I) wurden doppelt kodiert, mit zufriedenstellender Übereinstimmung ($\kappa \geq .61$; prozentuale Übereinstimmung ≥ 81 %).

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die Ergebnisse der einzelnen Methoden kombiniert (z. B. P&V, P&I oder P&V&I) und daraus Schätzwerte für die experimentelle Kompetenz der SuS ermittelt. Dabei wurde ein Indikator bei einer Kombination als erfüllt angesehen, wenn er – analog zum Vorgehen bei der Bildung des Benchmarks – in mind. einer der Methoden beobachtet werden kann. Wenn z. B. anhand des Schülerprotokolls nicht ersichtlich wird, ob Messwiederholungen gemacht wurden, im Interview aber gesagt wird, dass die Messungen wiederholt wurden, gilt der Indikator bei P&I als erfüllt. Anschließend wurden die mit den einzelnen Methoden geschätzten Kompetenzwerte auf Gruppen- und Individualebene mithilfe statistischer Tests verglichen.

Erste Ergebnisse

Beim Vergleich der Verteilung der geschätzten Kompetenzwerte bzw. der Mittelwerte der Schätzung durch P, P&V, P&I und P&V&I zeigt sich, dass die experimentelle Kompetenz durch P&I bzw. P&V&I tendenziell höher eingeschätzt wird als durch P bzw. P&V (Abb. 1 und Abb. 2). Zudem ist zu erkennen, dass die Methoden P&I und P&V&I zu einer sehr ähnlichen Schätzung des Kompetenzwertes kommen.

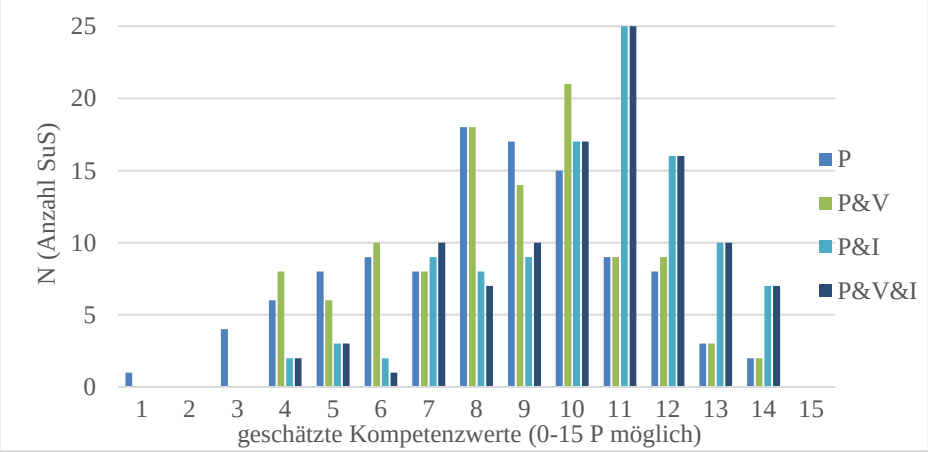
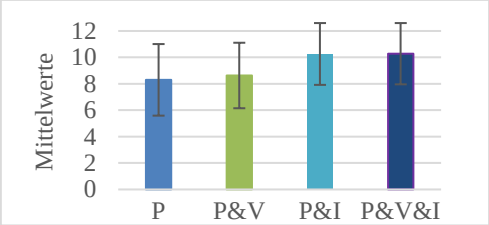


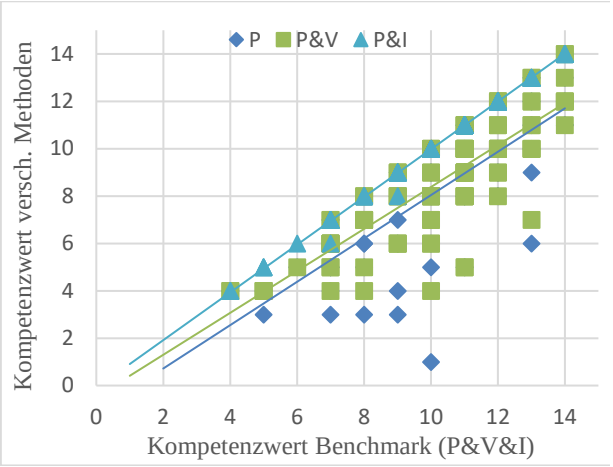
Abb. 1: Verteilung der geschätzten Kompetenzwerte durch P, P&V, P&I und dem Benchmark (P&V&I).



Mittelwertsunterschiede
(t-Test abhängige Stichprobe)
- P vs. P&V&I: t = -12.14; p < .001; *N* = 108 (d = -.79)
- P&V vs. P&V&I: t = -12.09; p < .001; *N* = 108 (d = -.69)
- P&I vs. P&V&I: t = -1.42; n.s.

Abb. 2: Vergleich der Mittelwerte von P, P&V bzw. P&I und dem Benchmark (P&V&I). Fehlerbalken entsprechen +/- 1 SD.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auf Individualebene, also wenn die Korrelationen zwischen den Kompetenzwerten für jede Person individuell betrachtet werden (Abb. 3). Die Korrelation zwischen den Methoden P&I und P&V&I ist sehr hoch. Somit scheinen die Kompetenzwerte durch P&I und P&V&I sehr ähnlich geschätzt zu werden. Weniger hoch ist die Korrelation zwischen den geschätzten Kompetenzwerten von P bzw. P&V und dem Benchmark (P&V&I).



Korrelationen (Kendall τ_b)
- P und P&V&I: r = .67; p < .001; *N* = 108
- P&V und P&V&I: r = .71; p < .001; *N* = 108
- P&I und P&V&I: r = .99; p < .001; *N* = 108

Abb. 3: Korrelationen und Regressionsgeraden zwischen P, P&V bzw. P&I und dem Benchmark (P&V&I).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass mithilfe der Interviews die experimentelle Kompetenz beim Problemtyp «Messen» genauer geschätzt werden kann als mit den Videos und/oder Schülerprotokollen alleine (geschätzte Kompetenzwerte durch P&I bzw. P&V&I sind höher als durch P bzw. P&V). Auch wenn SuS vermutlich über eine Teilkompetenz verfügen, werden die zugehörigen Indikatoren nicht immer im Video oder Protokoll sichtbar. Gerade im Protokoll scheint oft nur ein Teil des Vorgehens und der Ergebnisse notiert zu werden.

Die Schätzungen der experimentellen Kompetenz durch P&I kommen in der Regel sehr nahe an den gesetzten Benchmark (P&V&I) heran. Während das Interview eine wichtige Ergänzung zu Schülerprotokollen darstellt, scheint der zusätzliche Einsatz von Videos (V) bei diesem Messinstrument und diesem Problemtyp hingegen nicht zwingend notwendig zu sein. Bei der Auswertung konnten Unterschiede bzgl. des geschätzten Kompetenzwertes zwischen P bzw. P&V und P&I bzw. P&V&I gezeigt werden. Ergänzend soll nun analysiert werden, durch welche Indikatoren die Unterschiede hauptsächlich bedingt sind und wie das Auftreten dieser Unterschiede mit zentralen Personenvariablen zusammenhängt.

Literatur

Baxter, G. P. & Shavelson, R. J. (1994). Science performance assessments: Benchmarks and surrogates. *International Journal of Educational Research*, 21, 279-298.

Baxter, G. P., Elder, A. D. & Glaser, R. (1995). *Cognitive analysis of a science performance assessment* (CSE Technical Report Nr. 398). Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing, University of California.

Bonetti, A., Metzger S. & Gut C. (2016). Validierung des ExKoNawi-Modells (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften). *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, 37*, 332–335. Zürich.

Gut, C., Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen. *PhyDid - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*.

Hild, P., Gut, C., & Brückmann, M. (2018). Validating performance assessments: measures that may help to evaluate students' expertise in 'doing science'. *Research in Science & Technological Education*.

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8 (3), 92-101.

Schreiber, N., H. Theyßen, and H. Schecker. (2016). Process-Oriented and Product-Oriented Assessment of Experimental Skills in Physics: A Comparison. In *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research*, edited by N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou, Angela, C. Constantinou, 29–43. Switzerland: Springer-Verlag.

Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. & Wiley, E. W. (1999). Note on sources of sampling variability in science performance assessments. *Journal of Educational Measurement*, 36 (1), 61-71.

Solano-Flores, G., Jovanovic, J., Shavelson, R. J. & Bachman, M. (1999). On the development and evaluation of a shell for generating performance assessments. *International Journal of Science Education*, 21 (3), 293-315.

Webb, N. M., J. Schlackman, and B. Sugrue. (2000). The Dependability and Interchangeability of Assessment Methods in Science. *Applied Measurement in Education* 13 (3), 277–301.

Anna B. Bauer Universität Paderborn
Peter Reinhold
Marc D. Sacher

Bewertungsmodell zur experimentellen Performanz (Physik)Studierender

Ausgangslage und Ziele

In Laborpraktika naturwissenschaftlicher Studiengänge sollen Studierende u.a. das Experimentieren und insbesondere die wissenschaftliche Erkenntnismethodik erlernen. Aufgrund vermuteter geringer Lernwirksamkeit (u.a. Welzel, 1998) hat es in den vergangenen Jahren vermehrt didaktische Neukonzeptionierungen dieser Lehr-Lernumgebung gegeben (didaktische Rekonstruktion: Theyßen, 2000; Neumann, 2004; forschendes Lernen: Alemani, 2017; cognitive apprenticeship: Bauer & Sacher 2018). Für die Überprüfung der Lernwirksamkeit werden valide Testinstrumente für die Messung experimenteller Kompetenz benötigt. Vorhandene Testinstrumente (z.B. Sander, 2000; Straube, 2016) ermöglichen die Erhebung einzelner Indikatoren erfolgreichen Experimentierens zumeist aber nur in Form von Paper-Pencils Tests, die nur Wissensbestände und keine beim Experimentieren gezeigten Fähigkeiten und Fertigkeiten abbilden können. Im hier vorgestellten Projekt wird die Tiefenstruktur experimenteller Performanz vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses analysiert (Bauer, 2018). Das zu entwickelnde Bewertungsmodell soll neben einer differenzierten Wirkungsanalyse unterschiedlicher Praktikumskonzepte Hinweise für eine Diagnose individueller Fähigkeiten ermöglichen und für die Gestaltung der Lehr-Lernumgebung im Laborpraktikum genutzt werden können.

Experimentelle Kompetenz Studierender

Für die Entwicklung des Bewertungsmodells wird die studentische Performanz beim Experimentieren nach Beendigung des Anfängerlaborpraktikums untersucht. Unter Performanz wird das nach Neuweg (2011) definierte Können, oder auch *Wissen 3* verstanden. Es wird aus den gezeigten Handlungen auf die zugrundeliegenden Dispositionen und kognitiven Strukturen geschlossen.

Für die Modellierung der experimentellen Kompetenz ist auf Forschungsdesiderata aus dem Bereich Schule zurückgegriffen worden (u.a. Schecker, 2016; Meier, 2016; Gut-Glanzmann, 2014; Emden, 2011; Schreiber, 2009; Neumann, 2007, Mayer, 2007). Da das Experimentieren an Universitäten andere Zielsetzungen und eine komplexere Struktur als schulisches Experimentieren aufweist (Höttecke, 2015), ist für die Modellierung eine eigene Definition für das Experimentieren entwickelt worden: Ziel des Experimentierens ist das stabilisierende (Galison, 1987, Heering, 2014) Herauspräparieren der Eigenschaften physikalischer Phänomene (Tetens, 1987), „die in ein kohärentes Verhältnis zu Theorie und Praxis gebracht werden können“ (Höttecke, 2015, S.133). Dafür werden vertieft vernetzte Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammen mit höchst flexibel einsetzbaren Wissensbeständen benötigt. Neben dem Planen, Aufbauen, Durchführen und Auswerten experimentell gewonnener Daten (Emden, 2011) nehmen auf universitärem Niveau experimentelle Fähigkeiten wie z.B. das Testen und Optimieren experimenteller Aufbauten sowie das differenzierte Beurteilen der Ergebnisse vor dem Hintergrund des Gesamtprozesses einen hohen Stellenwert ein.

Da auf universitärer Ebene bisher noch keine differenzierten Fähigkeitsbeschreibungen auf struktureller oder Gesamtprozess-Ebene existieren (Heidrich, 2017), werden die Facetten des entwickelten Kompetenzstrukturmodells deskriptiv mit beobachtbaren Indikatoren angereichert. Der Fokus liegt dabei auf Qualitätsunterschieden bei den Experimentierhandlungen, also der Differenziertheit der Argumentation (Vernetzungsgrad, fachliche Richtigkeit, Zielorientierung) innerhalb des Gesamtprozesses.

Design

Das Bewertungsmodell wird in einem mehrstufigen methodischen Verfahren mit Hilfe komparativer Fallstudien entwickelt. Als Daten wurden videografierte, reale Experimentier-Situationen mit zwei unterschiedlich schweren, teilstrukturierten Aufgabenstellungen im Inhaltsbereich Elektrodynamik erhoben. Die Stichprobe (n=15) setzt sich aus 12 Studierenden nach dem dritten Semester und drei Experten (Doktoranden, Post-doc), die für eine möglichst hohe Varianz der gezeigten Fähigkeiten zur Abgrenzung der unterschiedlichen Fähigkeitsstufen gewählt wurden, zusammen. Auf Basis der Videoanalysen sind standardisierte Stimulated-Recall-Interviews für die Validierung des Bewertungsmodells geführt worden. Die Auswertung der Daten erfolgt in einem vierschrittigen Verfahren (siehe Abb.1). Zuerst werden chronologische Fallbeschreibungen pro Proband erstellt, um alle erhobenen Daten zusammenzuführen. Im zweiten Schritt sind unter Anwendung des theoretical samplings (Robinson, 2014) möglichst kontrastive Fälle ausgewählt worden, um das Kompetenzstrukturmodell bestehend aus neun Kompetenzfacetten unter Nutzung der dokumentarischen Methode (Rosenberg, 2012; Bohnsack, 2013) mit beobachtbaren Fähigkeitsbeschreibungen anzureichern, um damit die Rekonstruktion der zugrundeliegenden Dispositionen zu ermöglichen. In einem dritten Schritt werden die Handlungsbeschreibungen der einzelnen Fallbeschreibungen den Facetten des Modells zugeordnet. Diese werden mit der typenbildenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2012) analysiert, um typische Muster in den gezeigten Handlungen zu finden. Unter Anwendung des Außenkriteriums Komplexität (Commons, 2008) sind Qualitätsstufen gebildet worden, die eine Unterscheidung von Fähigkeitsniveaus pro Facette ermöglichen. Das so erhaltene Bewertungsmodell wird mit den Ergebnissen der Stimulated-Recall-Interviews validiert.

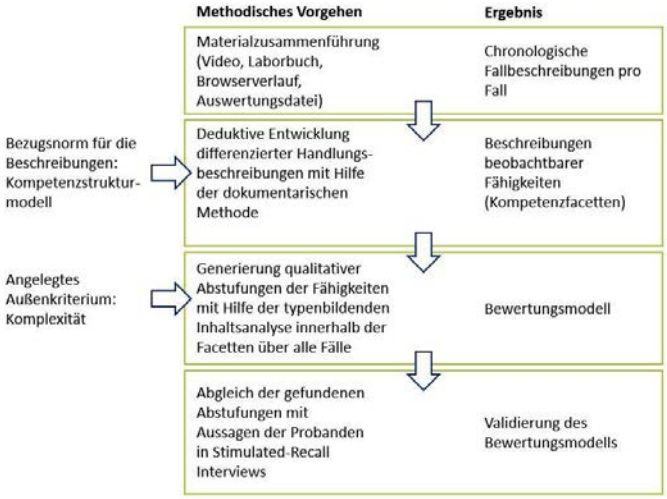


Abb. 1: Darstellung der methodischen Vorgehensweise unter Nutzung der dokumentarischen Methode für die Entwicklung des Bewertungsmodells experimenteller Kompetenz Physikstudierender.

Erste Ergebnisse

Nach Auswertung von acht der 15 Fälle ist eine Sättigung erreicht worden. Alle Facetten des Bewertungsmodells konnten mit Indikatoren angereichert werden. Weiterhin ist es gelungen für alle Facetten vier Qualitätsstufen zu bilden, die eine Einordnung gezeigter experimenteller

Handlungen über die Differenziertheit der Argumentation ermöglichen. Die acht ausgewerteten Fälle können mit Hilfe des Bewertungsmodells charakterisiert werden: Drei Probanden erreichen in den meisten Facetten die höchsten Qualitätsstufen und können deswegen als Experten deklariert werden, zwei Probanden erreichen vorrangig die niedrigsten Qualitätsstufen und können als Novizen eingestuft werden und drei Probanden erreichen die mittleren Stufen und können als fortgeschrittene Experimentierer identifiziert werden. Diese Einordnung stimmt mit den im Vorfeld angelegten Auswahlkriterien für die Probanden (Berufserfahrung, höchster Abschluss) überein.
Erste Analysen zeigen, dass ein Qualitätsunterschied zwischen Novizen und Experten die Zielorientierung beim Experimentieren darstellt. Während Experten das möglichst stabile Herauspräparieren des physikalischen Phänomens anstreben, was sich an mehreren Optimierungsschleifen in der Planung für eine möglichst präzise Messwertaufnahme sowie an einer differenzierten Analyse der Ergebnisse und des Experimentes zeigt, sind die Novizen mit dem Erhalt eines Zahlenwertes als Messergebnis, der meist unbegründet hingenommen wird, zufrieden. Dieses Ergebnis lässt sich auch mit Hilfe der Interviews untermauern. Novizen fehlt oftmals sowohl fachinhaltliches als auch methodisches Wissen, um ihr Vorgehen beim Experimentieren und ihre Ergebnisse zu begründen. Experten hingegen zeigen dynamisch vernetztes und sehr differenziertes Fachinhalts- und Fachmethodenwissen beim Begründen des Vorgehens und der Beurteilung des Experimentes. Fortgeschrittene Experimentierer versuchen, wie die Experten, eine möglichst präzise Messwertaufnahme zu realisieren, sie besitzen allerdings noch keine elaborierten Handlungsstrategien für die Analyse und Beurteilung der einzelnen Schritte des Experimentierprozesses oder der erhaltenen Messwerte, sodass sie zwar zielorientierter und fachmethodisch fundierter experimentieren als Novizen, aber noch nicht das gesamte Experiment in seiner Vollständigkeit durchdringen können. Anhand der Aussagen in den Stimulated-Recall-Interviews kann gezeigt werden, dass das methodische Wissen bei den Probanden vorliegt, allerdings nicht handlungswirksam ist.
Einen weiteren Qualitätsunterschied experimenteller Handlungen ist beim experimentellen Vorgehen zu erkennen. Novizen, die für die Bearbeitung der Aufgabe im Schnitt 1,5 Stunden benötigen, beginnen nach einer sehr kurzen Planungsphase sofort mit der Messwertaufnahme, ohne dass eine Analyse der vorliegenden Materialien und Geräte stattgefunden hat. Dieses Vorgehen führt dazu, dass die Messwertaufnahme und auch die Auswertung aufgrund des oberflächlichen Durchdenkens sehr langwierig und unpräzise durchgeführt wird. Experten benötigen dieselbe Zeitspanne für das Absolvieren des Experimentes, verbringen allerdings im Schnitt eine Stunde mit der Analyse aller Komponenten und Geräte sowie mit der Optimierung des Experimentes. Fortgeschrittene Experimentierer benötigen im Mittel die doppelte Zeit (4 Stunden) und verbringen die gleiche Zeit mit der Planung wie die Experten. Durch die noch nicht elaboriert vorliegenden experimentellen Fähigkeiten sind sie allerdings bei der Analyse des Experimentes weniger erfolgreich und verbringen sehr viel Zeit mit nicht zielgerichteten Handlungen.

Ausblick

Als nächstes soll mit Hilfe eines Expertenratings (Praktikumsleiter an deutschen Universitäten) das entwickelte Bewertungsmodell validiert werden. Weiterhin wird um eine Einschätzung gebeten, welches Fähigkeitsniveau die Studierenden typischerweise am Ende des Anfängerpraktikums erreichen. Aus diesen Ergebnissen sollen differenzierte Zielsetzungen für Anfängerlaborpraktika abgeleitet werden, welche für die Gestaltung dieser Lehr-Lernumgebungen und für den Einsatz des entwickelten Instrumentes genutzt werden können. Weiterhin wird die Interraterreliabilität an ausgewählten Fällen überprüft.

Literatur

Alemani, M. (2017): Forschendes Lernen im Physikpraktikum. Stifterverband, Fellowships für Innovationen in der Hochschullehre, https://www.stifterverband.org/lehrfellowships/2017/alemani (04.10.2019).

Bauer, A. B., Sacher, M. D. (2018): Kompetenzorientierte, universitäre Laborpraktika - Das Paderborner Physik Praktikum (3P), in: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018 in Würzburg, Berlin.

Bauer, A. B., Sacher, M. & Reinhold, P. (2019). Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S.632–635). Regensburg: Universität Regensburg.

Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I.; Nohl, A. (Hg.) (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. 3., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer.

Commons, M. L. (2008): Introduction to the Model of Hierarchical Complexity and Its Relationship to Postformal Action. In: GWOF 64 (5), S. 305–320.

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Berlin.

Galison, P. L. (1987). How experiments end. Chicago: University of Chicago Press.

Heering, P. (2014): The stabilization of experimental procedures: Historical and educational aspects. Revista Brasileira de História da Ciência, 7(2), 142-148.

Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel. Online verf.: http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00007080/DissHeidrich.pdf.

Höttecke, D.; Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. In: ZfDN 21 (1), 127–139.

Gut, C. (2012): Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Univ. Diss., Basel, 2012. Berlin: Logos-Verl.

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse Methoden, Praxis, Computerunterstützung (2. Aufl.). Weinheim Beltz Juventa.

Mayer J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: H. Vogt D. Krüger (Hg.): Theorien der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer, S. 177–186.

Meier, M. (2016): Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern. Berlin: Logos Berlin (BIOLOGIE lernen und lehren, 13).

Neumann K., Kauertz A., Lau A., Notarp H. & Fischer, H. E. (2007): Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft 13, S. 101–121.

Neumann, K. (2004): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, Bd. 38).

Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. In: Terhart, E., Bennewitz, H., Rothland, M. (Hg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 451–477.

Robinson, O.C. (2014): Sampling in Interview-Based Qualitative Research: A Theoretical and Practical Guide. Qualitative Research in Psychology, 11: 25-41.

Rosenberg, F. v. (2012): Rekonstruktion biographischer (Bildungs-)Prozesse. Überlegungen zu einer prozessanalytischen Typenbildung. In: Ingrid Miethe und Hans-Rüdiger Müller (Hg.): Qualitative Bildungsforschung und Bildungstheorie. Opladen: Budrich, S. 193-207.

Sander, F. (2000). Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum. Univ., Diss.-Bremen, 1999. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 13).

Schecker, H.; Neumann, K.; Theyßen, H.; Eickhorst, B.; Dickmann, M. (2016): Stufen experimenteller Kompetenz. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), S. 197-213.

Schreiber, N. (2012): Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Berlin: Logos.

Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin.

Tetens, H. (1987). Experimentelle Erfahrung. Eine wissenschaftstheoretische Studie über die Rolle des Experiments in der Begriffs- und Theoriebildung der Physik. Teilw. zugl.: Marburg, Univ., Habil.-Schr., 1986. Hamburg: Meiner (Paradeigmata, 8).

Theyßen, H. (2005): Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende. In: ZfDN 11, S. 57–72.

Welzel, M.; Haller, K. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft* 4 (1), 29–44.

Christoph Holz Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Susanne Heinicke

Dann mittel‘ halt!
Umgang Studierender mit unsicheren Daten in Unterrichtssituationen

Einführung

Der Umgang mit experimentellen Daten ist ein wesentlicher Teil physikalischer Fachmethoden und damit auch fundamental für ein Verständnis physikalischer Erkenntnisgewinnung (Buffler, Lubben & Ibrahim, 2009). Besonders hervorzuheben ist dabei der Umgang mit und die Bewertung von begrenzt genauen experimentellen Daten, die eine große Chance für das Lernen wissenschaftlicher Arbeitsweisen und der Natur der Naturwissenschaften bieten (Heinicke, Glomski, Priemer & Rieß, 2010). Da im Unterricht oftmals Messungen zur Veranschaulichung oder Ableitung theoretischer Zusammenhänge herangezogen werden, setzen wir in unserer Forschungsarbeit den Fokus besonders auf solche experimentelle Daten, die merklich von der theoretischen Erwartung abweichen (schwankende Messwerte oder abweichende Ergebnisse, fortan *unsichere Daten* genannt). Sie bieten einen „Kristallisationspunkt“ für den Umgang mit experimentellen Daten im Allgemeinen.

Herleitung der Forschungsfragen

Während es zu dem Verständnis von begrenzt genauen Daten (von Lernenden in Schule und Hochschule) und Lerngelegenheiten zur Förderung eines Verständnisses bereits eine recht solide Forschungslage gibt (s. z.B. Heinicke, 2012; Hellwig, 2012; Ludwig, 2017) wird die Rolle der Lehrkraft nur selten untersucht. Als eine von wenigen Studien ist eine Vignettenstudie von Ruhrig & Höttecke (2015), die unter anderem mithilfe von Videovignetten die Reaktionen von Lehrkräften erfragten zu nennen. Eine Forschungslücke besteht hingegen in Bezug auf die Analyse unterrichtlicher Situationen. Insbesondere auf Grund bekannter Diskrepanzen zwischen dem Antwortverhalten bei Befragungen über das Handeln in Unterrichtssituationen und ihrem tatsächlichen Handeln (Physikunterricht - Intention vs. Handlung, Fischler, 1994; Bevorzugung impliziter Theorien, Wahl 1991; Umgang mit unsicheren Daten *on action* vs. *in action*, Holz & Heinicke 2019) erscheint eine solche Betrachtung jedoch für eine tiefgehende Untersuchung des Lehrerverhaltens unabdingbar. Die hier dargestellten Ergebnisse sind Teilergebnisse einer mixed-method Studie, die sich der Analyse von beidem anhand der folgenden Forschungsfragen widmet (für eine ausführlichere Beschreibung der Studie s. Holz, 2019):

1. Wie gehen angehende Physiklehrkräfte mit unsicheren experimentellen Daten in Unterrichtssituationen um?
2. Welche Handlungsmuster lassen sich dabei erkennen?
3. Welche Handlungstypen können dadurch beschrieben werden?

Innerhalb dieses Beitrags werden Ergebnisse bezüglich der ersten beiden mit Schwerpunkt auf der zweiten Forschungsfrage dargelegt. Zum Abschluss wird ein Ausblick auf mögliche Erkenntnisse zur dritten Forschungsfrage gegeben.

Design

Die durchgeführte Studie wurde innerhalb mehrerer Durchgänge eines Seminars im Master of Education der Universität Münster durchgeführt. In einem Lehr-Lern-Labor Format werden dort Unterrichtsminiaturen (Korneck, Kunter, Oettinghaus, Lamprecht & Sach, 2014) um quantitative Experimente von Studierenden erstellt, durchgeführt und reflektiert. Zusätzlich

hierzu unterrichteten N=22 der Studierenden die für alle gleiche Einheit mit vorgegebenem Lernziel und Experiment, sodass die Handlungen stärker vergleichbar wurden. Neben den Videoaufnahmen der Unterrichtssituationen (in action) wurden in schriftlichen und mündlichen Befragungen weitere Merkmale wie u.a. der Umgang mit Messdaten (adaptiert von Heinicke 2012), die Selbstwirksamkeitserwartung bzgl. Experimenteinsatz (Meinhardt, 2018) und die Intolerance of Uncertainty (Carleton, Norton & Asmundson, 2007), erhoben. Die Studierenden wurden außerdem zu Beginn des Semesters gebeten, ihre vermutete Handlung in der vorgegebenen Unterrichtssituation zu beschreiben (on action). In abschließenden video-stimulated recall Interviews erhielten die Studierenden abschließend die Möglichkeit, ihre Handlungen zu reflektieren.

Auswertung
Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden die Handlungen der Studierenden in den videographierten Unterrichtssequenzen analysiert. Nach einer Vorkodierung, in der grobe Unterrichtsphasen, sowie das Auftreten von und der Umgang mit unsicheren Daten markiert wurden, wurde eine Kodierung der Lehrerhandlungen durchgeführt. Das zugehörige Kategoriensystem wurde dabei über alle N=104 Videos vollständig induktiv erstellt und umfasste über 60 unterschiedliche Handlungen im Umgang mit unsicheren Daten. Nach einer Interkodierung dieses Kategoriensystems wurden die gefundenen Handlungen auf Handlungsmuster reduziert. Dazu wurden durch inhaltliche Strukturierung generierte (Ober-)Kategorien kontrastierend ausgeschärft und erweitert, wobei aus handlungsorientierter thematischer Analyse gefundenen Charakteristiken hinzugezogen wurden. Dies geschah nur im Falle der N=22 vergleichbaren Unterrichtssituationen, da diese für die Gesamtheit der Studie von besonderem Interesse und für eine kontrastierende Betrachtung besonders ertragreich waren.

Ergebnisse
Die Reduktion der gefundenen Handlungen resultiert in zehn unterscheidbaren Handlungsmustern, mit denen die Handlungen in Bezug auf den Umgang mit unsicheren Daten beschrieben werden können. Diese können dabei in die vier Oberkategorien methodisch, vermeidend, konfrontierend und meta eingeteilt werden, die im Folgenden beschrieben werden:

Methodische Handlungsmuster: Auf unsichere Daten wird innerhalb dieser Handlungsmuster auf eine fachmethodische Art und Weise reagiert. Dies geschieht zum Beispiel durch Runden, weiterer Untersuchung von Einflussfaktoren, Messwiederholungen, explizite Einschränkung oder Angabe der Aussagekraft. Unterschieden werden können hier unter anderem ein fachmethodisch *adäquates* und *inadäquates* Handeln. Das dritte Handlungsmuster, dass sich innerhalb des methodischen Handelns abgrenzen lässt, ist ein *routine*mäßiges Handeln. Anders als bei den ersten beiden Handlungsmustern wird das fachmethodische Handeln hier nicht als mögliches Lernziel oder Problem zum Erreichen des Lernziels erkannt.

Vermeidende Handlungsmuster: Innerhalb dieser Handlungsmuster wird versucht die unsicheren Daten und deren Thematisierung zu umgehen. Dies geschieht entweder durch ein *Herunterspielen* der Wichtigkeit und Aussagekraft der unsicheren Daten oder durch ein *Vertuschen* von diesen. Letzteres kann beispielsweise durch eine Rundung der Nachkommastellen, die eine Schwanken des Messwertes verdeckt oder durch unkommentiertes Auslassen unpassender Werte bei der Interpretation geschehen.

Konfrontierende Handlungsmuster: Unsichere Daten werden in diesen Handlungsmustern direkt konfrontiert oder aktiv übergangen. Abweichungen von den theoretisch erwarteten

Ergebnissen werden unter anderem *gerechtfertigt* indem diverse Einflussfaktoren allgemein oder konkret auf das Experiment bezogen genannt werden. Im Handlungsmuster *Debattieren* wird ebenso versucht die Lernenden von der theoretischen Erwartung zu überzeugen, dies geschieht jedoch weniger durch fachliche Argumentation als durch Suggestion und nicht-fachliche Argumentationen. Das Handlungsmuster *Bruch* beinhaltet einen sogar oftmals explizit benannten Bruch zwischen empirischen Daten und Theorie.

Meta Handlungsmuster: Diese Handlungsmuster spannen über die verschiedenen Oberkategorien. Es handelt sich um Handlungen wie das *Spiegeln* von Fragen und Problemen zurück an die Lernenden, sowie das Auslassen jeglicher Handlungen (*Passiv*). Diese Muster können vielseitiger Gründe, Nutzen und Intentionen folgen. Das *Spiegeln* beispielsweise kann didaktische Methode, reine Gewohnheit aber auch ein Erkaufen von Zeit darstellen.

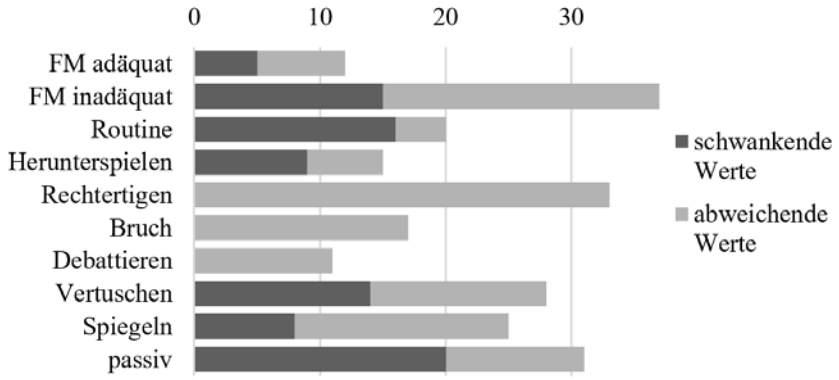


Abb. 1 Verteilung der Handlungsmuster innerhalb N=22 vergleichbaren Unterrichtssequenzen

Diskussion

Die zehn gefundenen Handlungsmuster decken die Lehrhandlungen innerhalb der N=22 videografierten Durchführungen der vergleichbaren Unterrichtssituation vollständig und gleichmäßig ab. Für die gegebene Situation scheinen diese also eine geeignete Beschreibung der Handlungsmuster der Studierenden darzustellen. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Handlungsmuster unterteilt auf die Nähe zum Auftritt schwankender Messwerte und abweichender Werte. Hervorzuheben ist, dass konfrontierende Handlungsmuster nicht in der Nähe schwankender Messwerte zu finden sind, sondern stets auf abweichende Werte zurückzuführen sind. Auf Grund der Einbettung in die größere Studie wurden hier nur die vergleichbaren Unterrichtssituationen untersucht. Eine Anwendung der gefundenen Handlungsmuster auf das größere Set von Unterrichtssituationen zur Testung auf Umfassendheit des Kategoriensystems steht zur Zeit noch aus.

Ausblick

Eine Abgrenzung verschiedener Handlungstypen (Forschungsfrage 3) ist aus Verhaltensmustern der N=22 untersuchten Studierenden zunächst nicht leistbar. Im weiteren Verlauf der Datenauswertung werden dazu die vielseitig erhobenen Merkmale einbezogen, um tiefere qualitative Einsichten in Intentionen und Gründe zu erlangen. Die Verknüpfung dieser Merkmale mit den gefundenen und zugeordneten Handlungsmustern ist ein vielversprechender Schritt für die Findung von Handlungstypen und vor allem eine damit einhergehende ganzheitliche Beschreibung des Lehrerhandelns im Umgang mit unsicheren experimentellen Daten in unterrichtlichen Situationen.

Literatur

Buffler, A.; Lubben, F. & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. International Journal of Science Education 31 (9), S. 1137-1156.

Carleton, R. N., Norton, M. P., & Asmundson, G. J. (2007). Fearing the unknown: A short version of the Intolerance of Uncertainty Scale. Journal of Anxiety Disorders 21 (1), S. 105-117.

Fischler, H. (1994). Concerning the difference between intention and action – teachers' conceptions and actions in physics teaching. In: Carlgren, I., Handal, G., Vaage, S. (Hrsg.) Teachers' minds and actions. Research on teachers' thinking and practice, S. 165-180. Falmer Press: London.

Heinicke, S. (2012). Aus Fehlern Wird Man Klug: Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion Des Messfehlers. Logos Verlag, Berlin.

Heinicke, S.; Glomski, J.; Priemer, B. & Rieß, F. (2010): Aus Fehlern wird man klug - Über die Relevanz eines adäquaten Verständnisses von "Messfehlern" im Physikunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 59 (5), S. 26–33.

Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen - Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Fachs Physik. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum.

Holz, C. & Heinicke, S. (2019). Messunsicherheit – ein ungeliebter Gast im Physikunterricht? In: S. Bernholt (Hrsg.) Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Kiel 2018, S. 89-92.

Holz, C. (2019). Well, that shouldn't have happened – What to do when school experiments don't work out as intended? In: D. Stavrou, M. Kalogiannakis, E. Michailidi, A. Kokolaki & A. Nipyrakis (Hrsg.), ESERA Summer School 2019 Book of Synopses, S. 105-109.

Korneck, F., Kunter, M., Oettinghaus, L., Lamprecht, J. & Sach, M. (2014). Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen. In: S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Jahrestagung der GDCP 2013. Kiel: IPN.

Ludwig, T. (2017). Argumentieren beim Experimentieren in der Physik - Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren. Humboldt-Universität zu Berlin.

Meinhardt, C. (2018). Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern.

Ruhrig, J. & Höttecke, D. (2015): Components of Science Teachers' Professional Competence and Their Orientational Frameworks when Dealing with Uncertain Evidence in Science Teaching. In: Int J of Sci and Math Educ 13 (2), S. 447–465.

Wahl, D. (1991). Handeln unter Druck: Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildern. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Dieses Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Simon Goertz RWTH Aachen
Benjamin Daniel Götze
Heidrun Heinke

Unterstützung für Lehrkräfte beim Umgang mit Messdaten im Physikunterricht

Motivation

Die Förderung experimenteller Kompetenzen ist ein zentrales Bildungsziel des Physikunterrichts (vgl. Theyßen et al., 2016) sowie Bestandteil der Allgemeinbildung (vgl. KMK, 2009). Eine wichtige Kompetenz stellt dabei der Umgang mit Messdaten und Messunsicherheiten dar. Im Rahmen einer Strahlenschutzfortbildung haben ca. 75% der anwesenden N=47 Physik-Lehrkräfte in einem Kurzfragebogen angegeben, dass sie sich Unterstützung bei der Förderung experimenteller Kompetenzen wünschen.
Nachfolgend werden zwei Formate beschrieben, mit denen Lehrpersonen in der Schulpraxis gezielt bei der Förderung wichtiger experimenteller Kompetenzen im adäquaten Umgang mit Messdaten unterstützt werden. Dies ist zum einen die Plattform FLexKom (**F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen; vgl. Goertz et al., 2019a). Zum anderen sind für Studierende in Physikalischen Nebenfachpraktika Lehrvideos im Rahmen des VidAMeda-Projekts (Lehr-**Vid**eos zur **A**uswertung von **Me**ss**da**ten) entwickelt worden. Diese Videos beinhalten viele Aspekte, die auch in der Schule relevant sind, sodass sich auch hier hilfreiche Unterstützungsmöglichkeiten für die Schulpraxis ergeben.

Die Plattform FLexKom

Die Plattform FLexKom stellt verschiedene Unterrichtsmaterialien bereit, welche die Förderung experimenteller Kompetenzen in den Fokus rücken (vgl. z.B. Goertz, 2019a). Diese Materialien können über eine Webseite[1] kostenlos abgerufen werden. Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler (SuS) und ergänzende Lehrerhandreichungen werden dabei den Interessenten in zwei Dateiformaten angeboten, die neben einer fixierten Version im pdf-Format auch editierbare Word-Dateien als sog. *open educational resources* (OER) umfassen.
Für die ersten Module der Plattform wurde der physikalische Hintergrund so gewählt, dass ein Einsatz ab der siebten Klasse problemlos möglich ist. Die FLexKom-Module können in verschiedenen Formen im Unterricht eingesetzt werden. Im Einzeleinsatz in Unterrichtssequenzen können die Aspekte des Moduls in Schülerexperimenten, als Demonstrationsexperiment oder als Thema einer Unterrichtsstunde genutzt werden. Des Weiteren können Module flexibel zu Lernzirkeln kombiniert werden. Über einen FLexKom-Konfigurator auf der Webseite können individuell angepasste Lernzirkel zusammengestellt werden. In der Ausbauphase mit hinreichend großem Modulangebot können die Lehrkräfte so Lernzirkel erstellen, welche die Förderung verschiedener experimenteller Kompetenzen in einem oder mehreren Themengebieten oder auch die Förderung einer experimentellen Kompetenz innerhalb eines Fachinhaltes fokussieren. Diese Flexibilität wird dadurch erreicht, dass die Module nicht aufeinander aufbauen und eine einheitliche Bearbeitungszeit aufweisen. Die gesetzten Rahmenbedingungen resultieren aus umfangreichen Erfahrungen mit bereits an der RWTH Aachen entwickelten und erprobten Lernzirkeln zu verschiedenen physikalischen Themen (vgl. Salinga & Heinke, 2016). Alle Module werden mit SuS getestet und weiterentwickelt, sodass eine adressatengerechte und lernwirksame Förderung experimenteller Kompetenzen erreicht werden kann.

[1] www.sciphylab.de/flexkom

FLexKom-Beispielmodul zum Umgang mit Messunsicherheiten
In diesem Abschnitt wird ein ausgewähltes Modul zum Thema Messunsicherheiten vorgestellt. Das Beispielmodul beschäftigt sich mit Messwerten und ihrer Unsicherheit. Konkret lauten die Lernziele dieses Moduls:

Die Schülerinnen und Schüler…

- … geben den Messwert nicht als einen Punktwert, sondern als einen Wertebereich an.
- … benennen die Unsicherheit von Messwerten u.a. durch die angezeigten Stellen (Digitalisierungsfehler).

Damit die SuS für den Umgang mit Messunsicherheiten bei Messdaten sensibilisiert werden, bietet es sich gerade in der Einführungsphase an, einen niederschwelligen Einstieg in die Thematik zu suchen. Dies wird auf dem Arbeitsblatt durch das Setting „Treffer auf einer Zielscheibe“ realisiert. Die SuS sollen zunächst einen Treffer auf der Zielscheibe (vgl. Abb. 1) bewerten, indem sie eine Punktzahl für diesen Treffer festlegen. Darauf aufbauend werden sie im nächsten Arbeitsauftrag mit der Aussage konfrontiert, dass man zwei oder drei Punkte geben könnte. Dies sollen die SuS diskutieren. Mit Blick auf den Sport, wo es eine einheitliche Regelung gibt, sollen die SuS in weiteren Zielscheiben Treffer zeichnen, die auf eine gleiche Punktzahl führen. Eine Beispiellösung ist in Abbildung 2 gezeigt. Die SuS erkennen damit, dass die gleiche Punktzahl als Ergebnis durch ganz verschiedene Treffer erreicht werden kann. Diese Erkenntnis soll nun von den SuS auf ein digitales Messgerät übertragen werden, indem die digitale Anzeige einer Waage präsentiert wird. Bei einer solchen Anzeige fallen auch mehrere Messwerte auf einen gleichen Anzeigewert zusammen. Dies sollen die SuS im letzten Arbeitsauftrag anwenden. Hierbei ist nach Messwerten der digitalen Waage gefragt, die zu einem gleichen Anzeigewert (hier 19,8 kg) führen. Da die Waage nur auf 100 g genau anzeigen kann, wären mögliche Antworten der SuS z.B. 19,81 kg oder 19,78 kg. Das Arbeitsblatt schließt mit einem Merksatz ab, der die auf die Lernziele bezogenen zentralen Aussagen zusammenfasst und für die SuS explizit formuliert. Optional schließt sich daran im Sinne der Differenzierung zwischen verschiedenen SuS eine Zusatzaufgabe an.

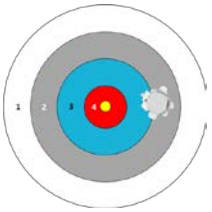


Abb.1: Zielscheibe, die im ersten Arbeitsauftrag genutzt wird.

Abb. 2: Drei beispielhafte Treffer, die zur gleichen Punktzahl führen.

VidAMeda – Lehrvideos zur Auswertung von Messdaten
Das Projekt VidAMeda[2] richtet sich zunächst an Bachelor-Studierende verschiedener Studiengänge in sog. Physikalischen Nebenfachpraktika. Damit sind die physikalischen Kenntnisse dieser primären Adressaten gut vergleichbar mit denen von SuS der Oberstufe. Da in den Videos zudem auch wichtige schulrelevante Aspekte thematisiert werden, bergen die Videos ebenfalls ein großes Potential für die Unterstützung von Lehrpersonen in der Schulpraxis bei der Behandlung von methodischen Aspekten der Auswertung von Messdaten.

[2] Die Autoren bedanken sich für die Förderung im Rahmen eines Fellowships für Innovationen in der digitalen Hochschullehre NRW.

Mit dem Video-Projekt wird auf ein strukturelles Problem in der Organisationsform physikalischer Praktika an Hochschulen reagiert. Dabei führen Studierende verschiedene Versuche unter Betreuung typischerweise innerhalb von 3 Stunden durch (vgl. Hamacher et al., 2015). Die detaillierte Auswertung der in den Praktikumsversuchen erhobenen Messdaten findet aber regelmäßig in der nachgelagerten individuellen Versuchsberichterstellung statt, die ohne Betreuung stattfindet und häufig bis zu zehn Stunden in Anspruch nimmt. Mit den VidAMeda-Videos sollen die Studierenden in dieser Selbststudienzeit bei der Auswertung und Interpretation von Messdaten audio-visuell unterstützt werden. Die Lehrvideos sollen online nutzbar und aufeinander abgestimmt sein, sodass sich die Lernenden ein umfassendes Bild zum Umgang mit Messdaten und speziell auch mit Messunsicherheiten erarbeiten können. Hierzu zählt neben den nötigen „handwerklichen" Fähigkeiten bei der adäquaten Messdatenanalyse auch ein fundiertes Verständnis von Messunsicherheiten. Damit ergänzen sich die Lehrvideos und FLexKom-Module bei der angestrebten Förderung des Grundverständnisses und der Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten als elementarem Bestandteil experimentellen Arbeitens (vgl. FLexKom-Modell in Goertz et al., 2019b). Die Konzeption von VidAMeda sieht eine Vielzahl von Videos vor, die als Gesamtkonstrukt verschiedene Aspekte innerhalb des Themas Messdaten und ihrer Unsicherheiten für die Lernenden beleuchten sollen. Diese Lehrvideos sind in verschiedene Kategorien sortiert, wozu die Einführung in die Unsicherheitsbetrachtung, die korrekte Auswahl und Angabe von Messergebnissen, die rechnerische Auswertung von Messdaten sowie ihre graphische Darstellung und Interpretation zählen. Zudem gibt es die Kategorie Grundfunktionen von Excel, in der auf softwarespezifische Umsetzungen in Excel eingegangen wird. Vorhanden sind bereits Videos zu den Grundfunktionen in Excel, die von John Hamacher[3] entwickelt wurden und in das Konzept von VidAMeda integriert wurden. Darüber hinaus sind erste Videos zu den Thematiken Fortpflanzung von Unsicherheiten, Angabe und Darstellung von Messergebnissen und signifikante Stellen entstanden. Die Videos haben eine maximale Länge von 7 Minuten und bauen inhaltlich auf dem Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) auf (vgl. JCGM, 2008).

Zusammenfassung und Ausblick

Mit den beiden Bausteinen FLexKom und VidAMeda werden Lehrkräften sowie SuS wichtige Unterstützungsmöglichkeiten beim Vermitteln bzw. Erlernen eines adäquaten Umgangs mit Messdaten und Messunsicherheiten im Physikunterricht angeboten.

Die Plattform FLexKom soll als modular gestaltete Sammlung verschiedener Unterrichtsmaterialien das Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen fördern. Der Umgang mit Messdaten und ihren Unsicherheiten stellt dabei einen wichtigen Bereich der von der Plattform adressierten Kompetenzen dar. Lehrkräfte können die Module singulär in den Unterrichtsablauf einbetten oder individuell zu Lernzirkeln kombinieren. Das Angebot an Modulen wird stetig und systematisch erweitert, sodass den Lehrpersonen mittelfristig eine große Flexibilität bei der Förderung experimenteller Kompetenzen ermöglicht wird. Zukünftig werden auch Module zum Umgang mit Messunsicherheiten für Oberstufen-Kurse angeboten, in denen mit den fortgeschrittenen mathematischen Fähigkeiten der SuS auch ergänzende Aspekte wie die Fortpflanzung von Messunsicherheiten und graphische Auswertungen umgesetzt werden.

Das Projekt VidAMeda stellt Lehrvideos bereit, die Lernende beim Grundverständnis einer korrekten Auswertung von Messdaten und deren praktischen Ausführung unterstützen sollen. Die Videos von maximal 7 min Laufzeit sollen eng abgesteckte inhaltliche Felder abdecken, um die Motivation beim Betrachten hoch zu halten, aber auch um spezifische Fragestellungen in einem Video klären zu können. Es wurde ein großes Feld von Videos konzipiert, die teilweise bereits vorliegen, teilweise noch sukzessive erstellt werden müssen, um die Ziele des VidAMeda-Projekts vollständig zu erreichen.

---

[3] Abrufbar: https://www.youtube.com/channel/UC6SHj8yXcdycqOqCwm7Ep3g/videos

Literatur

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019a). Konzeption eines Lernzirkels zu experimentellen Kompetenzen. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg, S. 787 – 790.

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019b, eingereicht). Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen.

Hamacher, J., Erkelenz, J., Heinke, H. (2015). Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen -Entwicklung von Lehrvideos zum Umgang mit Messdaten für Physikpraktika, In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2015, Wuppertal.

JCGM (2008). Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. https://www.bipm.org/utils/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf. Abgerufen: 26.09.2019

KMK (2009). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung.

Salinga, C. und Heinke, H. (2016). Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis - Lernzirkel to go. In: Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2015 in Berlin, Band 36. Hrsg. von C. Maurer. Universität Regensburg, S. 65-67.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). „Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest“. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15.1, S. 26-48.

Tobias Ludwig[1]
Engin Kardaş[1]
Tim Donner[2]
Burkhard Priemer[3]

[1]Pädagogische Hochschule Karlsruhe
[2]Sportschule am Olympiapark, Berlin
[3]Humboldt-Universität zu Berlin

Messdaten auswerten lernen – adäquater argumentieren? Erste Ergebnisse

Vorarbeiten

Ein Ziel des Physikunterrichts ist es, dass Schüler*innen evidenzbasiert Aussagen über naturwissenschaftliche Inhalte treffen können (Schiepe-Tiska, Schöps, Rönnebeck, Köller & Prenzel, 2012). Eine Möglichkeit die vorangehenden Aspekte zu fördern stellt das Argumentieren dar, dem im naturwissenschaftlichen Unterricht eine große Bedeutung zukommt. Einerseits kann über Argumentationen ein angemessenes Bild z. B. des z. T. auch vorläufigen, diskursiven und unsicheren Charakters naturwissenschaftlicher Erkenntnis vermittelt werden (Driver, Newton, & Osborne, 2000), andererseits kann das Beurteilen und kritische Reflektieren gefördert werden (Osborne & Patterson, 2011). Das naturwissenschaftliche Experiment eignet sich in diesem Fall besonders, da die Schüler*innen Vermutungen, Behauptungen und Erläuterungen mit Beobachtungen sowie Daten in Zusammenhang bringen müssen. Dieser Prozess lässt sich als Argumentation auffassen (Osborne, 2012). Vor diesem Hintergrund wurde in verschiedenen Studien mit insg. 1500 Probanden untersucht, welchen Einfluss personale Faktoren (Fachwissen, situationales Interesse, Kognitionsbedürfnis, Werteinschätzung der Naturwissenschaften) und situationale Faktoren (bspw. reale vs. virtuelle Experimentierumgebung) auf das Argumentieren von Schüler*innen haben. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand, wie Lernende auf der Grundlage selbstständig erhobener experimenteller Messdaten argumentieren (Ludwig, 2017; Ludwig, Priemer und Lewalter, 2019). Es wurde erfasst, wie stark die Schüler*innen beim Argumentieren auf „Intuition“, „Expertenwissen“, „Messunsicherheiten“ und „Daten als Evidenz“ zurückgegriffen haben. Lernende mit hoher Zustimmung in der Kategorie „Intuition“ begründen ihre Vermutungen z. B. stark auf Grundlage eines Bauchgefühls, während die Kategorie „Expertenwissen“ auf Expertise oder externe Autoritäten verweist. Die Kategorie „Messunsicherheiten“ beschreibt, wie stark explizit auf die Unsicherheit der erfassten Daten zurückgegriffen wurde. Der Bezug auf Daten bzw. statistische Kenngrößen (wie z. B. Mittelwert) wird durch die Kategorie „Daten als Evidenz“ abgebildet. Es konnte festgestellt werden, dass das Fachwissen der Schüler*innen die Ausprägung der Argumentkategorie „Daten als Evidenz“ begünstigt und die Verwendung von „Intuition“ reduziert. Während sich „Daten als Evidenzen“ positiv auf den Lernerfolg und auf die zeitliche Stabilität und die Richtigkeit einer Hypothese auswirkt, haben sowohl „Intuition“ und „Messunsicherheiten“ negative Auswirkungen auf den Lernerfolg. Erstere Kategorie wirkt sich negativ auf die zeitliche Stabilität des Lernerfolgs aus und letztere negativ auf die Richtigkeit einer Hypothese.

Ziel dieser Studie

Diese Ergebnisse legen nahe, dass Schüler*innen fachlich adäquater Argumentieren (gemessen an den Kategorien „Daten als Evidenz“ bzw. „Messunsicherheiten“), wenn Kompetenzen im Umgang mit Messdaten und Unsicherheiten vor dem Experiment vorhanden sind. Das Ziel des Projekts ist es daher, Lernumgebungen zu entwickeln, welche diesen thematischen Schwerpunkt aufgreifen. Die Wirksamkeit der Lernumgebungen wird im Hinblick auf a) den Einfluss der Lernumgebungen auf die Ausprägung der Zustimmung zu den Argumentkategorien und b) den Einfluss dieser wiederum auf den Lernerfolg untersucht. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Führt die Bearbeitung digitaler Lernumgebungen durch die Schüler*innen dazu, dass sie physikalisch richtige Hypothesen aufstellen?
- Lassen sich signifikante Unterschiede in der Ausprägung der Argumentationskategorien der Schüler*innen vor und nach der Intervention nachweisen?
- Welchen Einfluss hat die Ausprägung der Argumentkategorie auf die Richtigkeit der Hypothese?

Methode

Der Entwicklung der Lernumgebungen liegt ein Design-Based-Research-Ansatz zugrunde. Der Prozess ist zirkulär, da die Lernumgebungen in der Praxis eingesetzt, evaluiert und anschließend überarbeitet werden. Im Rahmen dieser Studie wurden zunächst zwei Prototypen entwickelt, welche die „Streuung von Messwerten“ als auch den „Vergleich von Messergebnissen“ thematisieren (Hellwig, 2013). Die Lernumgebungen sind modular einsetzbar und in rund 20-25 Minuten bearbeitbar. Die Umsetzung der Lernumgebung erfolgt digital, um den Zugriff und die Verbreitung zu vereinfachen. Ferner sind interaktive Elemente enthalten, die den Schüler*innen eine individuelle und selbstregulierte Bearbeitung ermöglichen soll. Beispielsweise können die Schüler*innen innerhalb der Lernumgebung selbstständig Messwerte visualisieren und graphische Darstellungen variieren. Weiterhin wird Scaffolding eingesetzt, indem die Schüler*innen eigenständig durch die Programme gehen und je nach Vorgehen ein individuelles Feedback oder eine Hilfestellung erhalten. Bevor die Lernumgebungen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht wurden, wurden mittels Think-Aloud-Studien mögliche Schwierigkeiten in der Bedienung oder Probleme mit dem Layout weitestgehend beseitigt. Als Untersuchungsdesign wurde eine Längsschnittstudie durchgeführt. Der Gesamtumfang beträgt n=75 Schüler*innen aus der achten und neunten Jahrgangsstufe. Die Gesamtdauer der Untersuchung betrug maximal 90 Minuten, wobei die beiden Lernumgebungen in höchstens 45 Minuten bearbeitet wurden. Zu Beginn der Befragung wurde den Schüler*innen ein unbekannter physikalischer Kontext präsentiert (vgl. Ludwig, 2017). Daraufhin wurden die Vermutungen der Lernenden zu diesem Kontext erfasst, wobei anzumerken ist, dass die Schüler*innen aus vorgegebenen Hypothesen auswählen und anschließend ihre Auswahl begründen sollten. Im Anschluss daran wurden Messwerte zu dem physikalischen Kontext präsentiert und nachdem die Schüler*innen ebendiese betrachtet und ausgewertet hatten, wurde erneut die Hypothese inklusive der Begründung abgefragt. Zusätzlich wurden die Zustimmungen zu den Argumentkategorien unter Verwendung eines Fragebogens erfasst. Nun wurden die Lernumgebungen von den Lernenden bearbeitet. Zum Abschluss der Untersuchung wurden den Schüler*innen dieselben Daten wie zuvor präsentiert, erneut die Hypothesen und die dazugehörigen Begründungen aufgenommen sowie die Argumentkategorien erfasst.

Ergebnisse

Im Hinblick auf die erste Forschungsfrage wurde analysiert, wie sich die Anzahl der richtigen und falschen Hypothesen im Verlauf der Befragung entwickelt hat. Zum ersten Befragungszeitpunkt wählten 73,3% der Lernenden eine falsche Hypothese. Nachdem die Lernenden die Messwerte betrachtet haben, steigt die Anzahl der falschen Hypothesen auf 78,7%. Die letzte Erfassung der Hypothesen offenbart, dass der Anteil der falschen Hypothesen auf 50,7% zurückgegangen und der Anteil der richtigen Hypothesen auf 49,3% gestiegen ist. Es handelt sich um eine signifikante Änderung zwischen dem zweiten und dritten Erfassungszeitpunkt, was darauf schließen lässt, dass die Intervention den Lernenden dabei hilft, eine physikalisch richtige Hypothese zu formulieren ($\chi^2(1) = 11.6$, $p < .001$). Im nächsten Schritt wurde untersucht, wie sich die Zustimmung zu den Argumentkategorien vor und nach der Intervention verändert hat. Dafür wurde zunächst ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt, der einen signifikanten Effekt zwischen den zuvor erwähnten Zeitpunkten in den Kategorien „Intuition“, „Expertenwissen“ und „Messunsicherheiten“ aufzeigt. Bei der

Bestimmung der Effektstärken für die jeweiligen Kategorien wurden eine negative Wirkung auf die Kategorie „Intuition“ ($d=-0.27$, $t(74)=3.65$, $p<.001$) und „Expertenwissen“ ($d=-0.18$, $t(74)=2.15$, $p<.05$) sowie eine positive Wirkung auf den Bereich „Messunsicherheiten“ ($d=0.69$, $t(74)=5.69$, $p<.001$) festgestellt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Intervention eine stärkere Zustimmung zur Kategorie „Messunsicherheiten“ fördert und dazu führt, dass die eher nicht-rationalen Argumentkategorien „Expertenwissen“ und „Intuition“ weniger ausgeprägt sind. Abschließend wurde untersucht, welchen Einfluss die Argumentkategorien auf den Lernerfolg haben. Der Lernerfolg stellt eine dichotome Variable dar (richtige oder falsche Hypothese), daher wurde eine multifaktorielle logistische Regression durchgeführt. Darauf aufbauend wurde für jede Kategorie vor und nach der Intervention die Odds Ratio berechnet. Im Fall vor der Intervention lässt sich allenfalls von Tendenzen sprechen, da es in diesem Fall keine signifikanten Ergebnisse gibt. Die Kategorien „Intuition“ ($OR=0.74$, $p=0.30$) und „Daten als Evidenz“ ($OR= 0.57$, $p=0.08$) weisen negative Tendenzen bezüglich des Lernerfolgs auf und „Messunsicherheiten“ ($OR=1.72$, $p=0.21$) legt eine positive Tendenz nahe. Die Ausprägung der Argumentkategorie „Expertenwissen“ zeigt keinen Einfluss auf den Lernerfolg. Nach der Bearbeitung der Lernumgebungen verändert sich der Einfluss der Argumentkategorien auf den Lernerfolg. Während bei den Kategorien „Intuition“ ($OR=0.78$, $p=0.29$), „Expertenwissen“ ($OR=0.78$, $p=0.27$) und „Daten als Evidenz“ ($OR=1.03$, $p=0.91$) weiterhin nur von Tendenzen gesprochen werden kann, gibt es einen kleinen signifikanten Effekt in der Kategorie „Messunsicherheiten“ ($OR=1.72$, $p=0.03$). In den restlichen Kategorien liegen erneut negative Tendenzen vor oder sie haben auf den Lernerfolg keinen Einfluss. Die Ausprägung der Argumentkategorie „Messunsicherheiten“ wirkt sich somit positiv auf den Lernerfolg aus.

Diskussion

Es lässt sich zum einen konstatieren, dass die Lernumgebungen dazu geeignet sind, den Umgang mit Daten zu fördern. Denn nach der Intervention erhöht sich der Anteil der fachlich richtigen Hypothese. Zum anderen führen –entsprechend der Implikationen aus den Vorarbeiten– Kompetenzen im Umgang mit Daten und Unsicherheit zu einer höheren Ausprägung lernförderlicher Argumentkategorien: Die Schüler*innen gehen eher dazu über, Messdaten als Evidenz heranzuziehen und auf dieser Grundlage zu argumentieren. Gleichzeitig unterliegt diese Untersuchung gewissen Limitationen. Zum einen handelt es sich bei $n=75$ um eine kleine Stichprobe, so dass hier berichtete nicht-signifikante Tests aufgrund einer geringen Teststärke Effekte ggf. nicht aufdecken konnte (Fehler 2. Art). Aufgrund der Ergebnisse kann zwar davon ausgegangen werden, dass der Umgang mit Daten gefördert wurde, aber eine explizite Kompetenzerfassung in diesem Bereich liegt nicht vor und ist Gegenstand künftiger Studien. Weiterhin wurde zwar darauf geachtet, dass sich der physikalische Kontext vor und innerhalb der Lernumgebung unterscheiden, jedoch bleiben die Untersuchung und damit die Resultate hoch situativ. Dies sollte in zukünftigen Untersuchungen beachtet werden.

Ausblick

Für das weitere Forschungsvorhaben sollen weitere Lernumgebungen zum Umgang mit Messunsicherheiten erstellt werden. Dabei dient ein Sachstrukturmodell (Hellwig, 2013) als Grundlage für die Schwerpunktkompetenzen in den Lernumgebungen. Die Lernumgebungen sollen weiterhin bezüglich ihrer Wirksamkeit untersucht werden, wobei die empirische Evaluation mit einer größeren Stichprobe realisiert werden soll. Neben der reinen Vermittlung der Kompetenzen im Umgang mit Daten und Unsicherheiten sollen zukünftige Untersuchungen und Evaluationen diese Kompetenzen sowie deren Einfluss auf die Argumentation der Lernenden erfassen.

Das Projekt „Förderung der Argumentationsfähigkeit beim Experimentieren im Physikunterricht“ wird gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung.

Literatur

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, 84(3), 287-312, https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Hellwig, J. (2013). Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik (Dissertation). Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Retrieved from http://hss-opus.ub.ruhr-unibochum.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/1700

Ludwig, T. (2017). Argumentieren beim Experimentieren—Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. http://dx.doi.org/10.18452/18408

Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2019). Assessing Secondary School Students' Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab, Research in Science Education, https://doi.org/10.1007/s11165-019-09862-4

Osborne, J. (2012). The Role of Argument: Learning How to Learn in School Science. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), Second International Handbook of Science Education (pp. 933–949). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_62

Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? Science Education, 95(4), 627–638. https://doi.org/10.1002/sce.20438

Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. International Journal of Science and Mathematics Education, 16(1), 45–68. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0

Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S., Köller, O., & Prenzel, M. (2012). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In M. Prenzel, E. Sälzer, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland (pp. 189–219). Münster: Waxmann.

Sönke Graf PH-Heidelberg
Manuela Welzel-Breuer PH-Heidelberg

Fortbildung als Schnittstelle für den Transfer: Eine Bestandsaufnahme

Der Transfer von pädagogisch und didaktisch relevanten Forschungsergebnissen in die Praxis des Lehrerberufs ist eine der zentralen Aufgaben auch der fachdidaktischen Forschungsgemeinschaft. Hierzu ist es unabdingbar, dass sich die Forschungsgemeinschaft möglichst in koordinierter Form neben der Publikation ihrer Forschungsergebnisse in der Fachliteratur und deren Diskussion auf Fachtagungen um die Pflege und den Ausbau von Schnittstellen zwischen Forschung und Praxis bemüht. Die von Lehrkräften genutzten Schnittstellen für einen Theorie-Praxis-Transfer sind hinlänglich bekannt und im Rahmen der TALIS-Befragung 2018 (OECD, 2018) gerade wieder bestätigt worden (siehe Abb. 1):

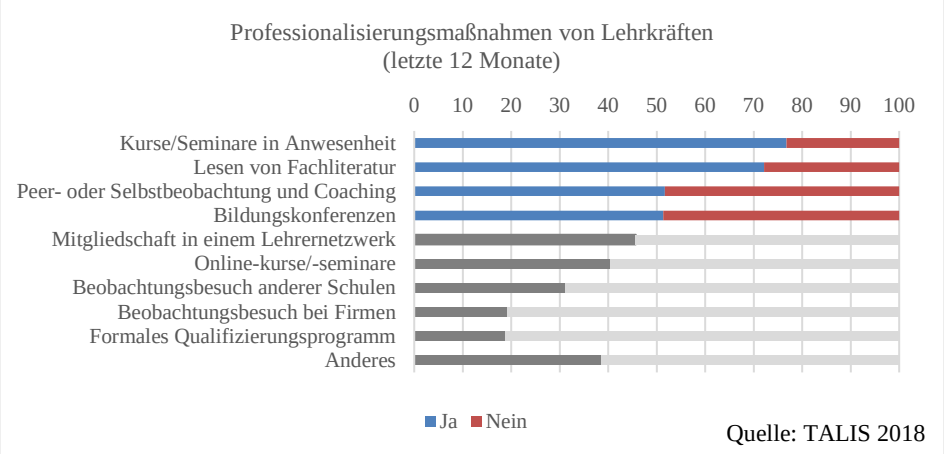


Abb. 1 Ergebnisse der TALIS Befragung 2018 zu genutzten Professionalisierungsmaßnahmen von Lehrkräften

Die am häufigsten genutzten Hauptschnittstellen zwischen Forschung und Schulpraxis sind nach Angabe von Lehrkräften unter anderem Präsenzformate wie Kurse und Seminare. Hier stellt sich die Frage nach deren Wirksamkeit. Neben einigen anderen Faktoren (vgl. Lipowsky & Rzejak, 2015) sind z.B. die Dauer (Guskey & Yoon, 2009; Yoon, Duncan, Lee, Scarloss, & Shapley, 2007) und die Regelmäßigkeit der Kontakte (Timperley, Wilson, Barrar, & Fung, 2007) von maßgeblicher Bedeutung. Erst ab einer Fortbildungsdauer von mehr als 14 Stunden konnten Yoon et al. (2007) eine Leistungssteigerung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler feststellen. Timperley et al. (2007) konnten positive Effekte feststellen, welche sich aufgrund eines regelmäßigen Intervalls der Fortbildungssitzungen (meist 14-tägig) einstellten.

Mit der TALIS-Studie werden Lehrkräfte vieler OECD-Staaten (ohne Deutschland) ebenfalls nach den Hindernissen, welche einer Teilnahme an Professionalisierungsmaßnahmen entgegenstehen, befragt. Abb. 2 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für 2018 (OECD, 2018). Es ist hierbei deutlich, dass das Problem der Zeitknappheit sowohl an erster (Konflikt mit der Arbeitszeit) als auch an fünfter Position (Zeitmangel aufgrund familiärer Verpflichtungen) auftritt und damit für Lehrkräfte eine besondere Herausforderung markiert.

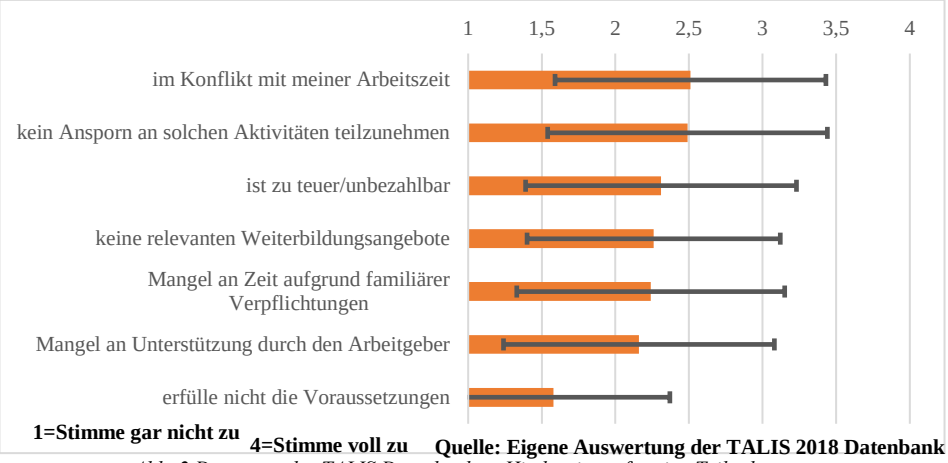


Abb. 2 Daten aus der TALIS Datenbank zu Hindernissen für eine Teilnahme an Professionalisierungsmaßnahmen (OECD, 2018)

Die Datenlage ist seit 2013 nahezu unverändert und konnte bereits im Rahmen der Befragung von 2013 auch für Naturwissenschaftslehrkräfte verifiziert werden. Anhand der TALIS-Daten von 2013 (OECD, 2014) lässt sich zeigen, dass Staaten, welche ihren Lehrkräften planmäßig Zeit für die Teilnahme an Fortbildungsmaßnahmen einräumten, auch höhere Teilnahmequoten an Kursen und Workshops verbuchen konnten.

Die Tatsache, dass Lehrkräfte im Bezug auf die 3. Phase der Lehrerbildung Zeit als besondere Herausforderung erleben, mag zu einer Dynamik auf der Seite der Fortbildungsanbieter geführt haben, welche sich als problematisch erweist:

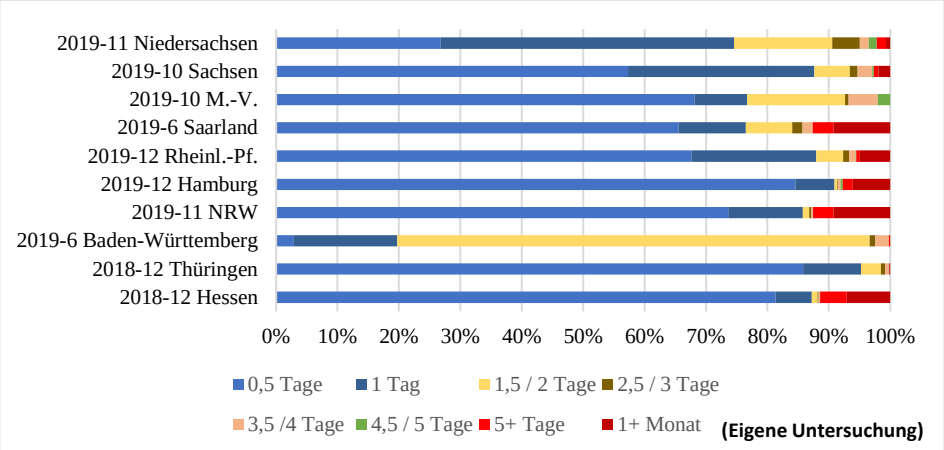


Abb. 3 Durchschnittliche Dauer von Fortbildungsangeboten in Deutschland

Bei einer stichprobenartigen Analyse von großen Lehrerfortbildungsportalen einiger Bundesländer fanden sich bezüglich der Dauer der angebotenen Fortbildungen die in Abb. 3 dargestellten Verteilungen[1].

[1] Die Ziffer hinter der Jahreszahl zeigt, wie viele Monate man im jeweiligen Portal in die Zukunft schauen konnte – erhoben wurden die Daten im Februar 2019

Diese Daten sind zwar nicht repräsentativ, da sie zum einen nicht vollständig alle Angebote der Bundesländer abdecken, sondern nur die eines jeweils größeren Portals pro Bundesland darstellen und zum zweiten nur schulexterne Lehrerfortbildungen (ScheLF) in den Blick nehmen können. Sie zeigen dennoch die Problematik: Nach den Wirksamkeitskriterien von Yoon et al. (2007) und auch Timperley et al. (2007) muss die Mehrheit der angebotenen Kurse und Seminare in ihrer Nachhaltigkeit stark in Frage gestellt werden.
Diese Situation könnte auf ein ungünstiges Wechselspiel zwischen Kurs-/Seminaranbieter und Lehrkräften hindeuten: Damit sich genügend Teilnehmer für eine Fortbildung anmelden, mag sich der Anbieter gezwungen sehen, die Zeitknappheit von Lehrkräften mitzudenken und kürzere Kurse/Seminare anzubieten. Diese ungünstige Situation ließe sich vor allem durch eine aktive Stärkung der 3. Phase der Lehrerbildung verbessern: Trotz der enormen Bedeutung der Weiterbildung scheint das Hauptaugenmerk der föderalen Strukturen auf die erste Phase der Lehrerbildung im Studium sowie auf die zweiten Phase der Lehrerbildung – dem Referendariat konzentriert zu sein.

Der zweite Kritikpunkt von Lehrkräften ist der Mangel an Ansporn und Motivation, um an Professionalisierungsmaßnahmen teilzunehmen. Die TALIS-Befragung (OECD, 2018) hat diesen Sachverhalt aufgenommen und nachgefragt, inwieweit folgende Maßnahmen im Zusammenhang mit besuchten Fortbildungsteilnahmen verbunden waren[2]:

- Befreiung von der Unterrichtspflicht (47,9% | 68,7%)
- Nicht finanzielle Unterstützung außerhalb der Arbeitszeit (20,3% | 11,8%)
- Erstattung der Kosten (33,2% | 40%)
- Nicht finanzielle Belohnungen (19,3% | 6,6%)
- Nicht finanzielle berufliche Vorteile (27% | 14,6%)
- Erhöhtes Gehalt (13,6% | 1,1%)

Es zeigte sich, dass Lehrkräfte tatsächlich wenig organisatorische und finanzielle Entlastung erfahren, um ihre Professionalisierung vorantreiben zu können.

Aus unserer Sicht befindet sich die 3. Phase der Lehrerbildung– also die berufsbegleitende – mit diesen Befunden in einer merklichen Krise. Unsere Forschungsgemeinschaft ist dazu aufgerufen, ihre Mitglieder und die Bildungspolitik aktiv auf diese Situation hinzuweisen und konkrete Maßnahmen zur Behebung dieser Krise vorzuschlagen. Vielversprechende Maßnahmen könnten eine empfohlene Mindestlänge von Fortbildungskursen sowie eine Verteilung auf mehrere Sitzungen sein sowie die Professionalisierung von Lehrkräften mit einem eigenen Zeitbudget zu versehen, welches anderweitig nicht genutzt werden darf und von der Lehrkraft verpflichtend einzuhalten ist. Auch eine Handreichung mit Hinweisen für zu entwickelnde Fortbildungsvorhaben der Fachgesellschaft selbst könnte hilfreich sein. Zudem könnte eine großflächige Schulung von Schulleitungen von Nutzen sein, welche darüber informiert, was über gelingende Lehrerfortbildungen bekannt ist, so dass deren Lehrkräfte vornehmlich Fortbildungen besuchen, welche sich nach bisherigem Stand als wirksam erweisen. Auch eine staatliche Förderung von Fortbildungskonzepten, welche sich an derartigen Prinzipien orientieren, könnte eine wirksame Maßnahme darstellen.

[2] In Klammern finden sich jeweils der Wert für den OECD-Durchschnitt sowie den Wert für Österreich

Literatur

Guskey, T. R., & Yoon, K. S. (2009). What Works in Professional Development? *Phi Delta Kappan*, *90*(7), 495–500. https://doi.org/10.1177/003172170909000709

Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2015). Was wir über gelingende Lehrerfortbildungen wissen. *Journal für LehrerInnenbildung*, *2015*(4), 26–32.

OECD. (2014). *New Insights from TALIS 2013*. Abgerufen von http://www.oecd-ilibrary.org/education/new-insights-from-talis-2013_9789264226319-en

OECD. (2018). *TALIS 2018 Data*. Abgerufen von https://webfs.oecd.org/talis/SPSS_national.zip

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). *Teacher professional learning and development: Best evidence systhesis iteration.* Wellington: Ministry of Education.

Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B., & Shapley, K. L. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement* (Nr. 033). Abgerufen von U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Southwest website: https://ies.ed.gov/ncee/edlabs/regions/southwest/pdf/REL_2007033.pdf

Verena Petermann
Andreas Vorholzer
Justus-Liebig-Universität Gießen

Überzeugungen zum Aufbau fachinhaltlicher und fachmethodischer Kompetenzen

Ist das Ziel einer Unterrichtsstunde der Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen, scheint Einigkeit darüber zu bestehen, dass die zur Entfaltung dieser Kompetenzen erforderlichen Kenntnisse im Unterricht explizit erarbeitet, geübt und gesichert werden müssen. Eine Stunde, in der Schüler*innen (S*S) beispielsweise lernen sollen, in einem Stromkreis Spannungen und Stromstärken rechnerisch zu bestimmen, in der gleichzeitig aber zu keinem Zeitpunkt das Ohmsche Gesetz (oder eine vergleichbare fachinhaltliche Regel) besprochen oder zumindest mitgeteilt wird, erscheint kaum sinnvoll. Obwohl im naturwissenschaftlichen Unterricht sowohl das Lernen von Fachinhalten (FI, Kompetenzbereich Fachwissen) als auch das Lernen von Fachmethoden (FM, z. B. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) wichtige Ziele sind (z. B. KMK, 2005; NRC, 2012), scheinen fachmethodische Kenntnisse jedoch eher selten explizit thematisiert zu werden (z. B. Börlin & Labudde, 2014; Capps & Crawford, 2013). Wir vermuten, dass die Unterschiede zwischen dem Unterricht zu FI und dem Unterricht zu FM (auch) mit den Überzeugungen von Lehrkräften zum Lernen und Lehren von FI und FM zusammenhängen könnten (z. B. Bandura, 1997; Pajares, 1992; Skott, 2015).

Überzeugungen werden – beispielsweise neben dem Professionswissen – als eine wichtige Facette professioneller Kompetenz von Lehrkräften aufgefasst (z. B. Baumert & Kunter, 2006). Überzeugungen können hierbei als „persönliche Wahrheiten hinsichtlich des eigenen Selbst und der Welt“ verstanden werden (Bruggmann Minnig, 2011, S. 21; s. a. Definitionen in Richardson, 1996; Skott, 2015). Als *persönliche* Wahrheiten müssen Überzeugungen weder intraindividuell widerspruchsfrei noch interindividuell konsensfähig sein (z. B. Baumert & Kunter, 2006; Richardson, 1996). Im Sinne der Definition von Bruggmann Minnig kann zwischen a) sachbezogenen („Welt“) und b) selbstbezogenen („Selbst“) Überzeugungen unterschieden werden (s. a. Kagan, 1992; Kunter & Pohlmann, 2015). Im Kontext des Lernens und Lehrens beziehen sich sachbezogene Überzeugungen (a) z. B. auf die Nützlichkeit/ Eignung verschiedener unterrichtlicher Zugänge (z. B. explizite Instruktion); selbstbezogene Überzeugung (b) beziehen sich hingegen z. B. auf die eigenen Fähigkeiten zur Umsetzung solcher Zugänge. In der Forschung zu Überzeugungen von Lehrkräften liegt der Fokus häufig entweder auf dem Lernen und Lehren i. A. (z. B. transmissive und konstruktivistische Überzeugungen) oder auf speziellen unterrichtlichen Zugängen (z. B. Überzeugungen zu inquiry-based instruction; Fives & Buehl, 2012; Jones & Leagon, 2014; Mansour, 2009). Es liegen jedoch bisher kaum Untersuchungen dazu vor, inwiefern sich die Überzeugungen von (angehenden) Lehrkräften im Hinblick auf verschiedene Lernziele (z. B. FI/FM) unterscheiden. Hier setzt das vorgestellte Forschungsprojekt mit folgender Forschungsfrage an: *Inwiefern unterscheiden sich sach- und selbstbezogene Überzeugungen zum Lernen und Lehren von (angehenden) Lehrkräften hinsichtlich FI/FM?*

Design und methodisches Vorgehen

Um dieser Forschungsfrage nachgehen zu können, haben wir u. a. einen Online-Fragebogen entwickelt, welcher aus 6-stufigen Likert-Items besteht (siehe Bsp. in Abb. 1). Die Items basieren z. T. auf bereits etablierten Instrumenten (u. a. Seidel et al., 2005; Riese, 2009; Meinhardt, 2018), es wurden jedoch zusätzlich auch selbst entwickelte Items ergänzt. Im Bereich der sachbezogenen Überzeugungen wird insbesondere auf Überzeugungen zur Nütz-

lichkeit verschiedener unterrichtlicher Zugänge fokussiert. Die Auswahl der Zugänge orientiert sich u. a. an den Basisdimensionen guten Unterrichts (z. B. Aktivierung von S*S, Kunter & Trautwein, 2013; Orientierung an Vorstellungen von S*S, Duit & Wodzinski, 2010; s. Abb. 1). Im Bereich der selbstbezogenen Überzeugungen werden Überzeugungen bzgl. der eigenen fachlichen und unterrichtsbezogenen Fähigkeiten erfasst (z. B. Planungsfähigkeiten, KMK, 2004). Um systematisch den Unterschied zwischen den Überzeugungen bzgl. FI und FM untersuchen zu können, werden alle Items für die Ziele FI und FM in parallelisierter Form eingesetzt (s. Bsp. in Abb. 1 rechts). Der Fragebogen wurde mit Lehramtsstudierenden in den Fächern Biologie, Chemie und Physik pilotiert (N = 70, Items sind für Fächer leicht angepasst).

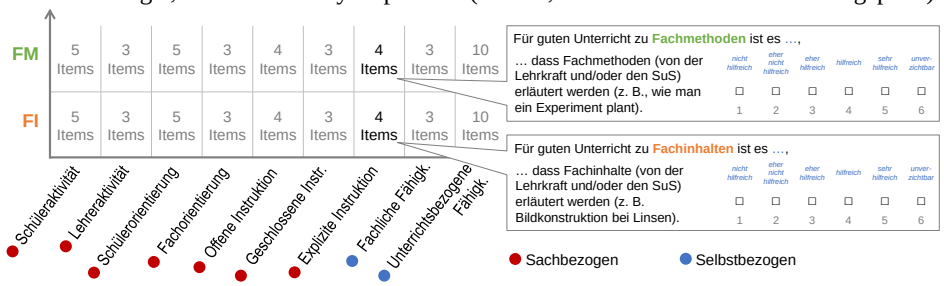


Abb. 1: Schematischer Überblick über Bereiche, zu denen im Fragebogen sach- und selbstbezogene Überzeugungen erfasst werden (inkl. Beispiel für parallelisierte Items zu FI und FM)

Für die Auswertung der Daten sind aus theoretischer Perspektive (mindestens) zwei verschiedene Modellierungen denkbar, welche im Folgenden kurz skizziert werden:
Variante 1 – Auswertung auf Skalenebene: Der ersten Variante liegt die Annahme zugrunde, dass alle Items eines Bereichs (z. B. Schüleraktivität) *eine* Überzeugung abbilden, was der typischen Art der Betrachtung von Fragebogendaten dieser Art entspricht (z. B. Oettinghaus, 2016). In Variante 1 werden somit alle Items als eine latente Variable modelliert und anknüpfend daran erfolgt der Vergleich der Überzeugungen zu FI und FM mittels eines Vergleichs der mittleren Zustimmung zu den FI- und FM-Items. Hierfür wurde zunächst eine Rasch-Skalierung der Rohwerte mit Winsteps sowie die Analyse verschiedener psychometrische Kennwerte vorgenommen (z. B. Itemfit, Reliabilität; z. B. Boone et al., 2014; Linacre, 2019). Hierbei konnten zufriedenstellende bis gute Kennwerte erreicht werden (z. B. .68 < Model Person Reliability < .93). Anschließend wurde ein statistischer Vergleich der Überzeugungen zu FI und FM auf der Ebene der einzelnen Skalen mittels t-Tests durch den Vergleich der mittleren Zustimmungen (mittlere Itemschwierigkeiten) zu FI und FM durchgeführt.
Variante 2 – Auswertung auf Itemebene: Die zweite Variante greift die Definition von Überzeugungen als *persönliche* – also nicht intraindividuell logische oder konsistente – Wahrheiten auf. Damit einher geht, dass Items, die einer Skala zuzuweisen sind, nicht notwendigerweise konsistent beantwortet werden müssen. Deshalb wird in dieser Variante jedes Item(paar) als eine eigene Überzeugung aufgefasst. Der statistische Vergleich zwischen FI und FM erfolgt in dieser Variante mittels Wilcoxon-Tests durch den paarweisen Vergleich der Zustimmung (Rohwerte) zu den parallelen FI- und FM-Items.

Ergebnisse und Diskussion
Bei der Auswertung des Fragebogens auf Skalenebene (Variante 1) zeigen sich signifikante Unterschiede mit großen Effekten für die Skalen Schülerorientierung (M_{FI} = -0.25, SD_{FI} = 0.43, M_{FM} = 0.27, SD_{FM} = 0.55, $t(7)$ = -3.080, p = .02, r = .76) und unterrichtsbezogene Fähigkeiten (M_{FI} = -0.26, SD_{FI} = 0.71, M_{FM} = 0.34, SD_{FM} = 0.41, $t(13)$ = -3.948, p = .00, r = .74). Auf Itemebene (Variante 2) ergeben sich in 8 von 9 Überzeugungsbereichen signifikante Unterschiede (p < .05) für jeweils (mindestens) ein Itempaar (IP) mit kleinen bis mittleren Effekten (.16 < |r| < .37, siehe Abb. 2). In der vergleichenden Betrachtung der Ergebnisse beider Varianten

zeigt sich, dass auf Itemebene in mehr Bereichen Unterschiede gefunden werden können als auf Skalenebene; die Ergebnisse der beiden Varianten sind aber insofern konform, als dass die auf Skalenebene identifizierten Unterschiede auch auf Itemebene erkennbar sind. Angehende Lehrkräfte scheinen somit davon überzeugt zu sein, dass eine schülerorientierte Unterrichtsgestaltung für den Aufbau von Fähigkeiten zu FI hilfreicher als für den Aufbau von Fähigkeiten zu FM ist sowie ihre eigenen unterrichtsbezogenen Fähigkeiten besser für das Unterrichten von FI als für das Unterrichten von FM sind. Dass die Studierenden eine schülerorientierte Unterrichtsgestaltung, d. h. einen Unterricht, der u. a. an die Vorerfahrungen und Vorstellungen der S*S anknüpft, für FM als weniger hilfreich im Vergleich zu FI einschätzen, scheint insofern plausibel, da zu den Schülervorstellungen im Bereich FM insgesamt vergleichsweise wenig bekannt ist (siehe z. B. Müller et al., 2011; Schecker et al., 2018) und diese somit auch in der Ausbildung der Studierenden eher weniger eine Rolle spielen können. Um inhaltlich einen weiteren Einblick in die Unterschiede der Überzeugungen bzgl. FI und FM auf Itemebene geben zu können, werden exemplarisch im Folgenden die Bereiche mit mindestens einem Itempaar mit *mittlerem* Effekt ausgewählt, bei denen im Vergleich zu Variante 1 *zusätzlich* Unterschiede identifiziert werden konnten: Angehende Lehrkräfte scheinen überzeugt davon zu sein, …

- dass das fachmethodische Arbeiten der S*S für den Aufbau von Fähigkeiten zu FI weniger hilfreich als für den Aufbau von Fähigkeiten zu FM ist (Bereich Schüleraktivität, $Mdn_{FI} = 5$, $R_{FI} = 5$, $Mdn_{FM} = 5$, $R_{FM} = 3$, $z = -4.073$, $p = .00$, $r = .35$),
- dass schriftliche Sicherungen ($Mdn_{FI} = 5$, $R_{FI} = 3$, $Mdn_{FM} = 5$, $R_{FM} = 4$, $z = -4.444$, $p = .00$, $r = -.38$) und Erläuterungen zentraler Kenntnisse ($Mdn_{FI} = 5$, $R_{FI} = 3$, $Mdn_{FM} = 5$, $R_{FM} = 3$, $z = -2{,}836$, $p = .01$, $r = -.24$) als Elemente expliziter Instruktion für den Aufbau von Fähigkeiten zu FI hilfreicher als für den Aufbau von Fähigkeiten zu FM sind,
- dass sie sich eher das Erklären von FI als von FM zutrauen (Bereich fachliche Fähigkeiten, $Mdn_{FI} = 6$, $R_{FI} = 3$, $Mdn_{FM} = 5$, $R_{FM} = 3$, $z = -3.833$, $p = .00$, $r = -.32$).

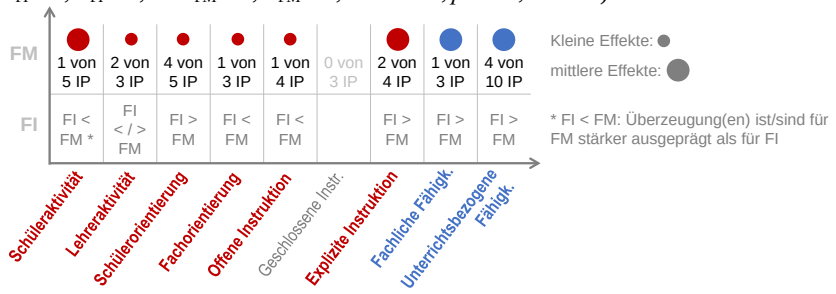


Abb. 2: Übersicht der Ergebnisse bzgl. der Auswertung auf Itemebene (Variante 2)

Insbesondere die Ergebnisse zum fachmethodischen Arbeiten der S*S und den Elementen der expliziten Instruktion in Bezug auf FM (im Vergleich zu FI) sind konform mit den Befunden zum Lernen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften. Hier scheinen Lehrkräfte z. B. der Überzeugung zu sein, dass zugehörige Kompetenzen auch ohne explizite Thematisierung, sondern nur durch die ledigliche Teilnahme an wissenschaftlichen Aktivitäten, aufgebaut werden können (Abd-El-Khalick et al., 1998). Insgesamt deuten die Befunde darauf hin, dass die Überzeugungen von Lehrkräften die Unterschiede in der Unterrichtspraxis bzgl. FI und FM erklären könnten. In der Überzeugungsforschung wird die Annahme eines direkten Zusammenhangs jedoch immer wieder kritisch diskutiert (z. B. Fives & Buehl, 2012). Aus diesem Grund werden im Zuge der Haupterhebung mit Lehrkräften zusätzlich zum Fragebogen vignetten- und leitfadengestützte Interviews eingesetzt, um zu untersuchen, wie Überzeugungen mit dem Handeln *beim Planen und Analysieren* von Unterricht zusammenhängen. Die Ergebnisse sollen potentiell auch Hinweise darauf liefern, welche der beiden (Modellierungs-)Varianten tragfähiger ist.

Literatur

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, *82*(4), 417-436.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York, NY: Freeman.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469-520.

Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (Hrsg.) (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Börlin, J. & Labudde, P. (2014). Practical work in physics instruction: An opportunity to learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann, & L. Viiri (Hrsg.), *Quality of instruction in physics: comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 111-127). Münster: Waxmann.

Bruggmann Minnig, M. (2011). *Innere Differenzierung im Physikunterricht: Eine multimethodische Analyse von Lehr-Lern-Überzeugungen und unterrichtlichem Handeln*. Basel: Universität Basel.

Capps, D. K. & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, *24*(3), 497-526.

Duit, R. & Wodzinski, C. T. (2010). *Merkmale "guten" Physikunterrichts*. Abgerufen am 07.05.18 von http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf.

Fives, H. & Buehl, M. M. (2012). Spring cleaning for the “messy” construct of teachers’ beliefs: What are they? Which have been examined? What can they tell us? In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, & M. Zeidner (Hrsg.), *APA educational psychology handbook, Vol 2: Individual differences and cultural and contextual factors* (S. 471-499). Washington: American Psychological Association.

Jones, M. G. & Leagon, M. (2014). Science teacher attitudes and beliefs: Reforming practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 830-847). New York, NY: Routledge.

Kagan, D. M. (1992). Implication of research on teacher belief. *Educational Psychologist, 27*(1)*,* 65-90.

Kultusministerkonferenz [KMK] (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Abgerufen am 19.06.18 von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf.

Kultusministerkonferenz [KMK] (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage, S. 261-281). Berlin, Heidelberg: Springer.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. *StandardWissen Lehramt*. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Linacre, J. M. (2019). *A User's Guide to W I N S T E P S® M I N I S T E P Rasch-Model Computer Programs: Program Manual 4.4.2.* Abgerufen am 14.08.19 von https://www.winsteps.com/winman.

Mansour, N. (2009). Science teachers' beliefs and practices: Issues, implications and research agenda. *International Journal of Environmental and Science Education*, *4*(1), 25-48.

Meinhardt, C. (2018). *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern*. Berlin: Logos.

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.) (2011). *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner* (2. unveränderte Auflage). Köln: Aulis-Verlag.

National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C: National Academies Press.

Oettinghaus, L. (2016). *Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen: Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*. Berlin: Logos.

Pajares, M. F. (1992). Teachers’ beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, *62*(3), 307-332.

Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula, T. J. Buttery & E. Guyton (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (2. Auflage, S. 102-119). New York: Macmillan.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer.

Seidel, T., Meyer, L. & Schwindt, K. (2005). Scale documentation - Teacher questionnaire. In T. Seidel, M. Prenzel, & M. Kobarg (Hrsg.), *How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study* (S. 172-193). Münster: Waxmann.

Skott, J. (2015). The promises, problems, and prospects of research on teachers' beliefs. In H. Fives & M. G. Gill (Hrsg.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on teachers' beliefs* (S. 13-30). New York, NY: Routledge.

Brandenburger, Martina
Mikelskis-Seifert, Silke
Schwichow, Martin
Wilbers, Jens

Pädagogische Hochschule Freiburg

Variablenkontrollstrategien in der Grundschule

Variablenkontrollstrategien. Ein Ziel des Sachunterrichts an der Grundschule ist die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Präkonzepte, um ein anschlussfähiges Lernen zu ermöglichen (KMK Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule, 2015). Hierbei ist der Unterricht so zu gestalten, dass das naturwissenschaftliche Denken der Schülerinnen und Schüler gefördert wird (Bildungsplan Sachunterricht Baden-Württemberg, 2016). Beim Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten ist ein Verständnis von und Wissen über kontrollierte Experimente von zentraler Bedeutung. Bei einem kontrollierten Experiment wird beim Vergleich experimenteller Bedingungen lediglich eine Variable verändert und alle anderen konstant gehalten. Dieses grundlegende Prinzip der Erkenntnisgewinnung wird als Variablenkontrollstrategie (VKS) bezeichnet (vgl. Chen & Klahr, 1999). Variablenkontrollstrategien umfassen hierbei vier verschiedene Teilfähigkeiten (vgl. Chen & Klahr, 1999; Schwichow et al., 2016a; s.h. auch Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019). Im Rahmen der vorgestellten Studie stehen im Fokus: *Identifizierung*: Es kann entschieden werden, ob es sich bei einer Versuchsreihe um ein kontrolliertes Experiment handelt. *Interpretation*: Liegt ein kontrolliertes Experiment vor, können Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen werden.

Forschungsstand. Grundschulkinder kommen bereits mit Vorwissen (und Fehlvorstellungen) zu VKS in den Unterricht (vgl. Siler & Klahr, 2012). Da insbesondere in diesen Jahrgangsstufen (Klasse 2 – 4) eine große Veränderung der Fähigkeiten hinsichtlich VKS zu erwarten ist (vgl. z.B. Chen & Klahr, 1999), stehen Grundschulkinder im Fokus vieler Untersuchungen. Die verwendeten Erhebungsmethoden weisen jedoch oft Einschränkungen auf. So werden beispielsweise wenig grundschulspezifische Inhalte als Kontext von Aufgaben gewählt (z.B. schiefe Ebene, Federn, Pendel etc. vgl. Chen & Klahr, 1999, Viefers et al., 2018). Darüber hinaus haben Schüler oft kein generelles Verständnis von VKS (vgl. Zimmerman & Croker, 2013) – trotzdem prüfen viele bisherige Untersuchungen (implizit) nur eine Teilfähigkeit ab (vgl. Schwichow et al., 2016b) und ziehen verallgemeinernde Schlüsse zu VKS. Einschränkungen gibt es ebenfalls bei einer systematischen empirischen Untersuchung typischer Fehler bei der Anwendung von VKS (vgl. Siler & Klahr, 2012). Ausgehend von den Begrenzungen bisheriger Untersuchungen und den Eigenschaften von VKS wurde, basierend auf den Ergebnissen von Untersuchungen mit älteren Schülern (z.B. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2019) ein Testinstrument entwickelt, dessen Ziel es ist, einerseits Teilfähigkeiten von VKS anhand von grundschulspezifischen Kontexten und andererseits typische Fehler bei der Anwendung von VKS zu erheben, um so dazu beizutragen, die vorliegenden Forschungslücken zu füllen.

Forschungsfragen und Hypothesen. Aus dem dargelegten theoretischen Hintergrund ergeben sich die folgenden Forschungsfragen und Hypothesen.
F1: Welche Dimensionalität weisen Variablenkontrollstrategien auf? Es ist zu prüfen, ob es sich bei VKS um ein eindimensionales oder mehrdimensionales Konstrukt handelt. Aus der Unterteilung der VKS in verschiedene Teilfähigkeiten kann vermutet werden, dass die Teilfähigkeiten verschiedene Dimensionen des Gesamtkonstrukts darstellen. Darüber hinaus ist es denkbar, dass unterschiedliche Itemtypen zu Aspekten der Teilfähigkeiten oder die ge-

wählten Kontexte weitere Dimensionen darstellen.
F2: Welche Schwierigkeitsstruktur weisen VKS auf? Es wird untersucht, inwieweit die benötigte Teilfähigkeit („Identifizierung“ und „Interpretation“) bzw. Itemtypen zu den Teilfähigkeiten die Schwierigkeit von Items zur VKS beeinflussen. Darüber hinaus werden Unterschiede zwischen den Klassenstufen untersucht.
F3: Welche typischen Fehler tauchen bei der Anwendung von VKS (konsistent) auf? Aus Untersuchungen (z.B. Siler & Klahr, 2012; Haslbeck et al., 2018) sind typische Fehler bei der Anwendung von VKS in den Teilfähigkeiten bekannt (z.B. Wahl von nur einem Teilexperiment zur Prüfung von Hypothesen). Der Test wurde so konstruiert, dass durch die Distraktoren gezielt Fehlvorstellungen bei den Schülern angesprochen werden.

Empirische Untersuchung. Es wurde ein Test entwickelt, der die Teilfähigkeiten „Identifizierung“ und „Interpretation“ in fünf verschiedenen Kontexten der Grundschule (Fliegen/Fallen, Schwimmen/Sinken, Wiegen, Tiere beobachten) erhebt. Bei jeder Teilfähigkeit wurden zwei Itemtypen verwendet: Teilfähigkeit „Identifzierung“ kontrollierter Experimente ID1: als Distraktoren nicht kontrastive Experimente und nur Teilexperimente; ID2 als Distratkoren nicht kontrastive Experimente, einfache und zweifache Konfundierung bei Experimenten; Teilfähigkeit „Interpretation“ kontrollierter Experimente IN: Interpretation nennen, BE: Begründung für die Interpretation angeben. Insgesamt besteht ein Testheft aus 12 Items aus je drei Kontexten (s.h.Tabelle 1). Die Testzeit beträgt 45 Minuten. Es wurden insgesamt 415 Schülerinnen (49.4%) und Schüler der Klassenstufe 2 (165), 3 (105) und 4 (145) befragt. Vorbereitend für die Auswertung wurden die Items dichotom kodiert. Ein Item zu BE wurde auf Grund einer schlechten Lösungswahrscheinlichkeit (.08) entfernt.

	Fallschirm	**Boot**	**Limonade**	**Schnecke**	**Schwimmen**
A	x	x	x		
B			x	x	x
C	x	x			x
D	x	x		x	

Tabelle 1 Inhalt der Testhefte

Ergebnisse. Zur Prüfung der *Dimensionalität* von VKS wurden verschiedene Rasch Modellierungen durchgeführt. Die Berechnung erfolgte mit TAM (MML 1PL, EAP/PV). Neben dem Grundmodell, das alle oben genannten Items enthält, wurde ein zweidimensionales Modell über die Teilfähigkeiten (Identifizierung, Interpretation), ein vierdimensionales Modell über die Itemtypen (ID1, ID2, IN, BE) und ein fünfdimensionales Modell über die Kontexte (Fallschirm, Boot, Limonade, Schnecke, Schwimmen) berechnet. Um die Passung der Modelle zu vergleichen, wurden die Abweichungen der Modelle unter der Anzahl der Modellparameter einander gegenübergestellt (s.h. Tabelle 2). Ein χ^2-Test zeigt eine signifikant bessere Passung des zweidimensionalen und vierdimensionalen Modells im Vergleich zu den anderen Modellen. Der Item-Fit (wMNSQ) ist sowohl beim zweidimensionalen als auch vierdimensionalen Modell angemessen. Unter Berücksichtigung der EAP/PV Reliabilität ist das zweidimensionale Modell vorzuziehen, was auch hinsichtlich der theoretischen Einbettung der Teilfähigkeiten als Dimensionen von VKS passender ist. Die Dimensionen korrelieren miteinander (.80).

N = 415	1-dim. **Grundmodell**	2-dim. **Teilfähigkeiten**	4-dim. **Itemtyp**	5-dim. **Kontext**
Abweichung	5105.73	5063.35	5021.39	5083.65
Parameter (*df*)	20	22	29	34
Fit (wMNSQ)	0.75 – 1.14	0.81 – 1.10	0.87 – 1.19	0.77 – 1.13
EAP Reliabilität	0.62	.65 / .57	.27 – .66	.43 – .58

Tabelle 2 Modellvergleiche

Zur Prüfung, was die Schwierigkeit der Items zu VKS beeinflusst, wurden Gruppenvergleiche der Lösungswahrscheinlichkeiten verschiedener Itemgruppen durchgeführt. Vergleicht man nach *Teilfähigkeit*, zeigen sich Unterschiede bei der mittleren Lösungswahrscheinlichkeit ($t(828) = 18.58$, $p = .000$, $d = 1.27$). Items zur Identifizierung ($M = 0.75$, $SD = 0.23$) sind

signifikant leichter als Items zur Interpretation (M = 0.45, SD = 0.30). Die unterschiedlichen Schwierigkeiten stehen im Einklang mit den verschiedenen Anforderungen der Teilfähigkeiten. Bei der Identifizierung muss nur ein kontrolliertes Experiment ausgewählt werden, wohingegen bei der Interpretation Schlüsse aus kontrollierten Experimenten gezogen und begründet werden müssen. Innerhalb der Dimension einer Teilfähigkeit zeigt sich ein deutlicher Einfluss des *Itemtemtyps* auf die Schwierigkeit (s.h. Schwierigkeitsprofil Abb. 1).

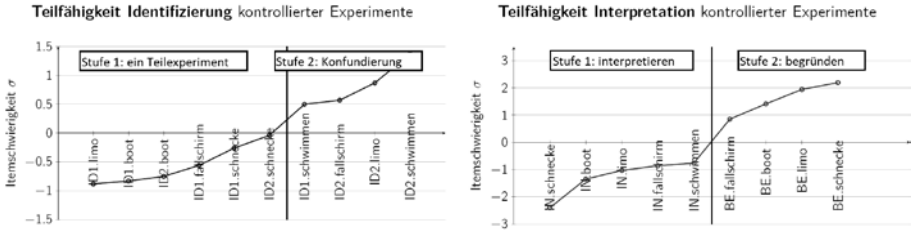


Abb. 1 Schwierigkeitsprofil der Dimensionen

Teilfähigkeit Identifizierung: Items mit dem Distraktor „nur ein Teilexperiment“ (ID1) sind einfacher als Items mit dem Distraktor „einfach/zweifach konfundiertes Experiment“ (ID2). Teilfähigkeit Interpretation: Items, bei denen nur interpretiert werden muss (IN) sind einfacher als Items, bei denen die Interpretation begründet werden muss (BE). Anhand markanter Sprünge in der Schwierigkeit können jeweils zwei Stufen von Items gebildet werden. Anhand des Personenwerts in den Dimensionen werden die Schüler den Stufen zugeteilt. Vergleicht man die Verteilung auf die Stufen zwischen den Klassenstufen (s.h. Tab. 3), lassen sich Unterschiede zwischen der Klasse 2 und Klasse 3/4 feststellen: Mit höher Klassenstufe können Schüler schwerere Items erfolgreich bearbeiten. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass im Grundschulalter eine große Veränderung der Fähigkeiten zur VKS zu erwarten ist.

		Klasse 2	**Klasse 3**	**Klasse 4**
Dimension „Identifizierung“	Stufe 1	46.7%$_a$	29.5%$_b$	24.1%$_b$
	Stufe 2	53.3%$_a$	70.5%$_b$	75.9%$_b$
Dimension „Interpretation“	Stufe 1	53.3%$_a$	36.2%$_b$	32.4%$_b$
	Stufe 2	46.7%$_a$	63.8%$_b$	67.6%$_b$

Prozentzahlen klassenweise; Zeilenweise: identische Buchstaben kennzeichnen Spaltenwerte, die sich auf dem .05 Niveau nicht signifikant voneinander unterscheiden

Tabelle 3 Stufenteinteilung in den Klassen

Im Rahmen der letzten Forschungsfrage wurde untersucht, welche *Fehlvorstellungen* zu VKS von Schülern konsistent gezeigt werden (d.h. bei 2/3 Antworten pro Test). Eine überwiegende Mehrheit der Schüler kann bei Items zu ID1 das korrekte Experimentepaar identifizieren (78.8%). Es tauchen die aus der Literatur bekannten Fehlvorstellungen (nicht kontrastiver Vergleich (1.7%), nur ein Teilexperiment (7.5%)) als konsistente Strategie auf. Nur wenige der Schüler zeigen ein nicht eindeutiges Ankreuzverhalten (9.2%). Die Schüler schneiden bei Items zu BE deutlich schlechter ab. Nur 10.6% wählen konsequent die VKS adäquate Antwortoption (Vergleich der Experimente + Kontrolle der anderen Variablen). 52.0% argumentieren nur über den Vergleich von Experimenten. 22.2% begründen ihre Interpretation mit vorhandenem Wissen. 15.2% zeigen kein eindeutiges Antwortverhalten.

Abschluss. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in dieser Studie Ergebnisse gewonnen werden konnten, die sich in das bisherige Wissen über VKS einfügen. Es konnte die Modellierung von VKS als mehrdimensionales Konstrukt nach den Teilfähigkeiten bestätigt werden. Es zeigt sich eine Veränderung der Fähigkeit zur Variablenkontrolle in der Grundschule. Die aus bisherigen Forschungen bekannten Fehlvorstellungen konnten bestätigt und quantifiziert werden. Für den Unterricht zeigen sich VKS sowohl als Ressource, als auch als Feld mit Entwicklungsmöglichkeiten. Insgesamt wird mit dem vorgestellten Test eine Verbindung von Kompetenzmessung mit der Erhebung von Fehlvorstellungen realisiert.

Literatur

Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2019). Facetten experimenteller Kompetenz in den Naturwissenschaften. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 77). Universität Regensburg.

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. Child development, 70(5):1098–1120.R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.

Haslbeck, H.; Lankes, E., Kohlhauf, L.; Fritzsche, E. S.; Neuhaus, B. (2018): Wie begründen Vorschulkinder ihre Entscheidungen beim Planen von naturwissenschaftlichen Experimenten? Das methodische Wissen von Vorschulkindern. Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung. Basel, 2018.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016): Bildungsplan der Grundschule. Sachunterricht.

Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016a). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. International Journal of Science Education, 38(2):216–237.

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016b). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. Developmental Review, 39:37–63.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015): Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 02.07.1970 i. d. F. vom 11.06.2015.

Siler, S. A. & Klahr, D. (2012). Detecting, Classifying, and Remediating: Children's Explicit and Implicit Misconceptions about Experimental Design. In Proctor, R. W. & Capaldi, E.(Hrsg.), Psychology of Science, S. 137–180. Oxford University Press.

Viefers, R., Theyßen, H., & Schreiber, N. (2018). Experimentelle Fähigkeiten in der Grundschule diagnostizieren und individuell fördern. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Zimmerman, C. & Croker, S. (2013). Learning science through inquiry. In Feist, G. & Gorman, M.(Hrsg.), Handbook of the psychology of science, S. 49–70. Springer, New York, NY.

Cem Aydin Salim PH Freiburg
Marrtina Brandenburger
Silke Mikelskis-Seifert
Martin Schwichow

Intervention zu Variablenkontrollstrategien in der Grundschule

Motivation und theoretischer Rahmen

Damit Schülerinnen und Schüler das selbstständige Experimentieren lernen, sollten im Unterricht Strategien der experimentellen Erkenntnisgewinnung thematisiert werden. Eine typische Strategie der experimentellen Erkenntnisgewinnung ist die Variablenkontrollstrategie (Schwichow et al. 2015).

Wenn beispielsweise herausgefunden werden soll, ob die Bewässerung für das Wachstum von Pflanzen eine Rolle spielt, müsste ein Experiment geschaffen werden, in dem identische Bedingen für zwei Pflanzen herrschen: Gleiche Pflanzen, gleiches Licht, gleiche Erde, gleicher Dünger. Nur die zugegebene Wassermenge sollte dabei variiert werden. Das bedeutet, dass alle möglichen und bekannten Variablen bis auf die Wassermenge kontrolliert werden. Wächst nun die eine Pflanze mehr oder weniger als die andere, ist es mit der unterschiedlichen Bewässerung zu erklären. Dadurch lässt sich die Hypothese, dass die Wasserzugabe einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum hat, experimentell untersuchen (Hetmanek et al. 2018).

Ein adäquater Umgang mit Variablen spielt eine wichtige Rolle in kontrollierten, naturwissenschaftlichen Experimenten. Aus diesem Grund ist die Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten von besonderer Bedeutung (Klahr und Nigam 2004). Daher ist es nicht verwunderlich, dass der Erwerb von Variablenkontrollstrategien bereits in der Grundschule unterstützt werden soll (GDSU, 2013).

Forschungslage bezüglich Variablenkontrollstrategien und Interventionsstudien

Grundschulkinder kommen mit Vorwissen und Fehlvorstellungen zu Variablenkontrollstrategien in den Unterricht (Siler und Klahr, 2012). Wenn beispielsweise komplexe, multivariable Aufgaben zum Testen von Variablen bearbeitet werden, neigen Schülerinnen und Schüler dazu, unsystematische, unkontrollierte Experimente zu konstruieren und durchzuführen (Bullock und Ziegler, 1999).

Ein typischer Fehler, den Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren im Bereich der Variablenkontrollstrategien machen, ist, dass sie oft mehr als eine Variable gleichzeitig untersuchen, oder während dem Experimentieren (in Folge von Unverständnis der Aufgabenstellung) keine oder die falsche Variable verändern (Siler und Klahr, 2012).

Ein weiteres Problem besteht darin, dass Grundschulkinder oft nicht dazu fähig sind, zwischen dem Testen von Hypothesen und dem Produzieren von Effekten zu unterscheiden. Wenn Schülerinnen und Schüler beispielsweise eine Hypothese über die Rolle einer Variablen aufstellen sollen, arrangieren sie die Situationen tendenziell so, dass ihre Hypothese bestenfalls bestätigt wird und testen nicht, ob ihre Hypothese gültig ist (Bullock und Ziegler, 1999).

Nach Chen & Klahr (1999) ist im Grundschulalter (Klasse 2 - 4) eine große Veränderung der Fähigkeit hinsichtlich Variablenkontrollstrategien zu erwarten.

In einer Meta-Analyse zeigten Schwichow et al. (2016), dass eine Förderung der Variablenkontrollstrategie möglich und darüber hinaus effektiv ist. Hierbei gibt es verschiedene Förderungsmöglichkeiten, welche aus der Meta- Analyse hervorgehen. Die Meta-Analyse zeigt zum Beispiel, dass es für den Lernerfolg nicht ausschlaggebend ist, ob sich der Unterricht ausschließlich auf die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie konzentriert oder ob gleichzeitig auch noch andere Ziele verfolgt werden, wie etwa die Vermittlung von Faktenwissen.

Außerdem kamen Schwichow et al. (2016) zu dem Ergebnis, dass das Durchführen eines Demonstrationsexperiments eine höchst lernwirksame Maßnahme darstellt. Leider ist die Befundlage zur Lernwirksamkeit von Experimenten nicht eindeutig, denn in der Meta-Analyse von Ross (1988) konnte kein signifikanter Effekt für Demonstrationsexperimente im Vergleich zu Schülerexperimenten festgestellt werden. Beide Instruktionsmaßnahmen wirken positiv auf die Vermittlung der Variablenkontrollstrategie (Scheuermann 2017). Aus diesem Grund wird die im Folgenden beschriebene Interventionsstudie beide Experimentierformen beinhalten.
Als äußerst lernwirksame Maßnahme sticht aus der Meta-Analyse von Schwichow et al. (s.o.) besonders das Auslösen eines kognitiven Konflikts hinsichtlich der Variablenkontrollstrategie ins Auge. Schülerinnen und Schüler müssen hierbei mit Experimenten konfrontiert werden, in denen die unabhängige Variable nicht oder unter unkontrollierten Bedingungen variiert wird. Das wirkt sich insbesondere in Kombination mit Demonstrationen positiv auf den Lernerfolg aus. Schülerinnen und Schüler schlussfolgern anhand solcher Demonstrationen, dass anhand dieser keine Aussage hinsichtlich der Fragestellung und Hypothese getroffen werden kann. Diese Kombination aus kognitivem Konflikt und Demonstrationsexperiment wurde bei der Intervention dieses Projekts ebenfalls umgesetzt.
Auch Scaffolding Maßnahmen können den Erwerb von Variablenkontrollstrategien unterstützen. In einer Studie von Viefer, Theyßen & Schreiber (2018) wird die Förderung der Variablenkontrollstrategien über den Einsatz von Lösungsbeispielen oder gestuften Lernhilfen untersucht. Im Forschungsfokus steht hier, welche Schülerinnen und Schüler von den Scaffolding Maßnahmen profitieren.

Forschungsfragen und –design
Ziel des vorgestellten Projekts ist es, herauszufinden, inwiefern das Verständnis der Variablenkontrollstrategie durch eine Intervention im Grundschulbereich gefördert werden kann. Des Weiteren soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern erworbenes Wissen im Bereich der Variablenkontrollstrategie nach einem zeitlichen Abstand zur Intervention (drei Monate) wiedergegeben werden kann.
An der vorliegenden Interventionsstudie, welche einen Pre-, Post-, und Follow-up-Test beinhaltet (Single- Choice- Format), nahmen insgesamt 47 Schülerinnen und Schüler einer Grundschule im Raum Freiburg teil. Getestet wurde in der dritten Klassenstufe. Es wurden dabei zwei dritte Klassen der identischen Schule ausgewählt.
Die Intervention basiert auf Fördermaßnahmen, die sich aus der Meta-Analyse von Schwichow et al. (2016) ergeben haben, und lässt sich in zwei Phasen gliedern:

1. Im Mittelpunkt einer 90-minütigen Lerneinheit stehen zwei Schülerexperimente, die in Partnerarbeit angeleitet durchgeführt werden. Dabei war eines der beiden Experimente den Schülerinnen und Schülern inhaltlich bereits bekannt mit dem Ziel, den Fokus auf das Erlernen der Variablenkontrollstrategie zu setzten. Ein weiteres Experiment mit einem inhaltlich unbekannten Kontext diente dazu, den Transfer der Variablenkontrollstrategie zu ermöglichen, indem diese explizit von Schülerinnen und Schülern angewendet werden musste.
2. In der sich daran anschließenden 45-minütigen Lerneinheit erfolgte eine Metadiskussion zur Variablenkontrollstrategie, indem die Schülerinnen und Schüler einen kognitiven Konflikt in Kombination eines Demonstrationsexperiments erfahren haben. Im Anschluss daran wurde eine weitere Aufgabe behandelt, welche das Anwenden der Variablenkontrollstrategie implizierte, im Plenum besprochen beziehungsweise bearbeitet.

Ergebnisse der Interventionsstudie

Erfreulicherweise konnte durch die Intervention die Variablenkontrollstrategie bei den 3.Klässlern gefördert werden. Hier liegt ein signifikanter Haupteffekt von der Pre-/Post-/Follow-up-Testung auf die Testleistung ($F(2,138) = 18{,}41$, $p = .000$) mit einer starken Effektstärke (partielles $\eta^2 = .21$) vor.

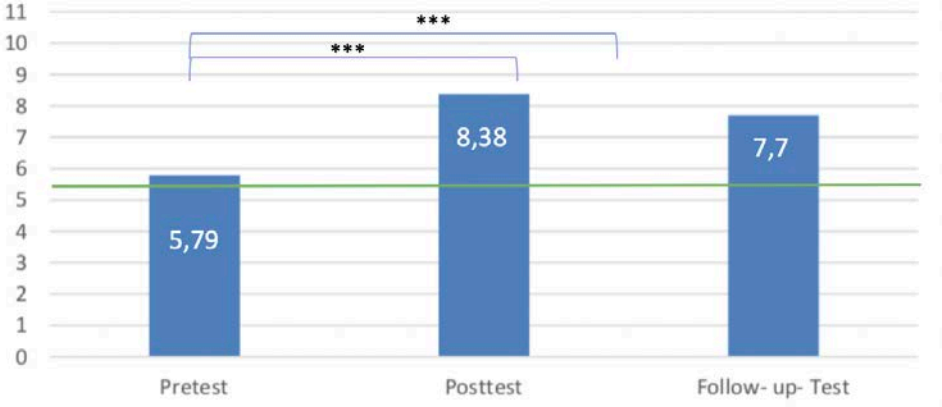


Abb.: Pre-Post-Follow-up-Vergleich der Gesamtgruppe (Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte. Maximal erreichbar waren 11).

Außerdem gibt es signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Posttest ($p = .000$) und zwischen Pretest und Follow- up-Test ($p = .000$).

Auf der anderen Seite lässt sich kein signifikanter Effekt zwischen Posttest und Follow-up-Test festhalten ($p = .410$). Daraus lässt sich schließen, dass die Intervention nachhaltiges Wissen über die Variablenkontrollstrategie vermittelt hat.

Erwähnenswert ist außerdem, dass die Variablenkontrollstrategie verschiedene Teilfähigkeiten mit den Unterkategorien „vergleichen“, „interpretieren“, „begründen“ und „identifizieren“ beinhaltet. Dabei sind in allen der vier Unterkategorien zur Variablenkontrollstrategie positive Veränderungen zu beobachten. Erstaunlicherweise ist ein sehr deutlicher Anstieg richtiger Antworten in der Unterkategorie „begründen“, die all eher schwierig einzuschätzen ist, zu verzeichnen. Diese Unterkategorie erforderte das Begründen der Frage „Woher weißt du, was dieser Versuch zeigt?“ Ein möglicher Grund für den deutlichen Anstieg ist das explizite Thematisieren in der Metadiskussion über den kognitiven Konflikt.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Interventionsstudie kann letztlich gefolgert werden, dass die relativ schlechten Leistungen von Grundschulkindern bei der Verwendung der Variablenkontrollstrategie nicht darauf zurückzuführen sind, dass sie die Strategie nicht verstehen können. Grundschulkinder sind durchaus in der Lage, ein echtes Verständnis der Variablenkontrollstrategie zu erlangen und diese bei der Gestaltung und Bewertung einfacher schriftlicher Testaufgaben zu übertragen. Explizite Schulungen in dem Bereich, kombiniert mit einem kognitiven Konflikt, haben sich als effektiv erwiesen, um das Verständnis zu fördern.

Es kann festgehalten werden, dass es sich bei der Intervention um eine lohnende Methode handelt, um die Variablenkontrollstrategie im Grundschulalter zu fördern.

Da es sich bei der vorliegenden Studie allerdings um eine nicht repräsentative Stichprobe handelt, sind die Schlussfolgerungen mit Vorsicht zu genießen.

Durch weiterführende Studien wäre es interessant herauszufinden, welche Teile der Intervention (Schülerexperiment, Demonstrationsexperiment, kognitiver Konflikt, die Bearbeitung einer weiteren Variablenkontrollstrategie Aufgabe) einen besonders großen Wissenserwerb im Bereich der Variablenkontrollstrategie hervorgerufen haben.

Literatur

Bullock, M., Ziegler, A. (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. New York: NY: Cambridge University Press, 38–54.

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. Child development, 70(5):1098–1120.R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Hetmanek, A., Knogler, M. & CHU Research Group (2018). Wie fördert man wissenschaftliches Denken im Unterricht? Kurzreview 16. Online verfügbar unter www.clearinghouse-unterricht.de.

Klahr, D., Nigam, M. (2004). The Eyuivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effekts of Direct Instruction and Discovery Learning.: American Psychological Society, 661–667.

Ross, J. A. (1988). Controlling variables: a meta-analysis of training studies. Review of Educational Research, 58(4), 405–437. doi: 10.3102/00346543058004405.

Scheuermann, Hilda (2017). Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Schwichow, M. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation, Kiel.

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. Developmental Review, 37–63.

Siler, S., Klahr, D. (2012). Detecting, classifying and remediating. Children's explicit and implicit misconceptions about experimental design, 233–295.

Viefers, R., Theyßen, H., & Schreiber, N. (2018). Experimentelle Fähigkeiten in der Grundschule diagnostizieren und individuell fördern. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Pascal Klein TU Kaiserslautern
Stefan Küchemann
Jochen Kuhn

Diagrammverständnis in verschiedenen Kontexten: Vergleich der Augenbewegungen zwischen Physikern und Nicht-Physikern mittels Eye-Tracking

Das Verständnis von Graphen und der adäquate Umgang damit spielt eine wichtige Rolle im Physikunterricht und in den anderen MINT-Fächern. Kürzlich verglichen Susac *et al.* (2018) das Verständnis verschiedener Diagrammkonzepte (Steigung, Fläche) mit unterschiedlichen Anforderungen (qualitativ, quantitativ) von Physik- und Psychologiestudierenden in zwei verschiedenen Kontexten (Physik [Kinematik] und Finanzen [Kosten und Mengen]). Die Autoren konstruierten parallele Itemsets und zeigten, dass die Physiker in beiden Inhaltsdomänen signifikant besser abschnitten und dass alle Studierenden die Steigungsaufgaben besser lösten als die Flächenaufgaben. Während dem Problemlösen erhoben die Autoren die Blickdaten der Studierenden mittels Eye-Tracking. Die hohe Überlegenheit der Physik- gegenüber den Psychologiestudierenden – der Anteil korrekt gelöster Aufgaben unterschied sich bei einigen Aufgabentypen um bis zu 50% – führten die Autoren u.a. darauf zurück, dass die Physikstudierende mehr Zeit auf den Diagrammen verbrachten. Sie fassten dieses Ergebnis als Indiz für eine höhere kognitive Aktivität beim Arbeiten mit Diagrammen auf.
Da die Ergebnisse anderer Eye-Tracking Studien darauf hindeuten, dass die Verweildauer auf visuellen Stimuli alleine keine Leistungsdiskrimination erlaubt (Klein et al., 2018; Han et al., 2017), führten wir eine Replikationsstudie mit gleichem Material durch, um Susac‘s Ergebnisse zu prüfen und eine Datenbasis zu schaffen, die tiefergehende Datenauswertungen ermöglicht. Dabei untersuchten wir Studierende der Wirtschafswissenschaften statt der Psychologie, um eine Symmetrie zwischen den Kontexten (Physik und Finanzen) und Untersuchungsgruppen herzustellen.

Eye-Tracking Studien zu Kinematik-Graphen

Um Prozessdaten von Lernenden bei der Lösung von Aufgaben zu untersuchen, hat sich Eye-Tracking als leistungsstarke Methode erwiesen, die die empirische Forschung mit einer Datenquelle zur visuellen Aufmerksamkeit ergänzt (Holmqvist et al., 2011). Bisherige Eye-Tracking-Studien zum Verständnis kinematischer Graphen wiesen einen Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen Fähigkeiten von Lernenden und dem Graphenverständnis nach (Kozhevnikov, Motes, & Hegarty, 2007). In diesem Kontext hat Madsen gezeigt, dass Schüler, die eine Frage richtig beantwortet haben, sich länger auf spezifische relevante Bereiche eines Diagramms wie die Achsen konzentrieren (Madsen et al., 2012). Ihre Ergebnisse legen auch nahe, dass die Vorerfahrung mit einem Thema den Fokus auf die wichtigen Regionen verstärken kann (Madsen et al., 2013). Umgekehrt kann angenommen werden, dass sich die in der Literatur gut untersuchten und hinlänglich bekannten Lernschwierigkeiten und Missverständnisse beim Umgang mi Graphen (z.B. die Punktintervallkonfusion (Beichner, 1994; Leinhardt, Zaslavsky, & Stein, 1990)) in bestimmten Augenbewegungsmustern und Aufmerksamkeitsverteilungen widerspiegelt, die zu konzeptionell irrelevanten Bereichen verschoben sind. Erste Ansätze darüber berichtete Kekule, die die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit zwischen Studenten mit der besten und der schlechtesten Leistung verglich, während diese den TUG-K bearbeiteten (Kekule, 2014).

Forschungsfrage

In einer Replikationsstudie (Klein et al., 2019) konsolidierten wir die Ergebnisse der ursprünglichen Arbeit von Susac *et al*. Darüber hinaus wird in diesem Beitrag folgende Forschungsfrage bearbeitet: *Können etwaige Leistungsunterschiede zwischen den Untersu-*

chungsgruppen auf unterschiedliche Verteilungen der visuellen Aufmerksamkeit zurückgeführt werden, die mit typischen Lernschwierigkeiten assoziiert sind?

Material

Es wurden acht Single-Choice Aufgaben verwendet, die lineare Graphen zeigten und das Verständnis des Steigungs- und Flächenkonzepts prüften. Die vier möglichen Kombinationen aus Konzepten (Steigung/Fläche) und Fragetyp (qualitativ / quantitativ) wurden in beiden Kontexten (Physik/Finanzen) präsentiert, siehe Abb.1 für ein Beispiel.

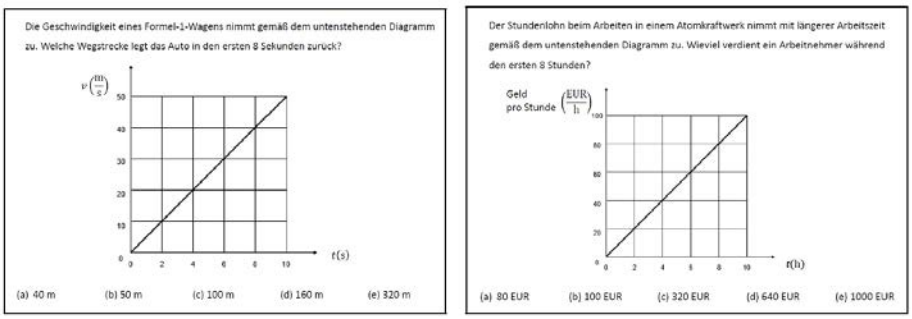


Abbildung 1: *Isomorphes Aufgabenpaar zur quantitativen Bestimmung der Fläche unter der Kurve im Kontext Physik (links) bzw. Finanzen (rechts). Die Aufgabenseiten beinhalten die AOIs „Frage" (oben), „Graph" (mittig) und Optionen („unten").*

Stichprobe und Design

An der Studie nahmen 69 Studierende teil, davon 29 Erstsemester-Physikstudierende von der TU Kaiserslautern und 40 Wirtschaftswissenschaften(WiWi)-Studierende von der JGU Mainz. Die meisten Physikstudierenden besuchten einen Physikkurs in der gymnasialen Oberstufe (89%), während dies nur auf die wenigsten WiWi-Studierende zutraf (16%). Die Studie fand zu Beginn des Semesters statt, bevor die fachlichen Inhalte (Kinematik) thematisiert wurden, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Physikstudierenden auf ihr schulisches Wissen zurückgegriffen haben, um die Aufgaben zu lösen. Die WiWi-Studierenden waren bis zum Studienzeitpunkt nicht mit solchen oder ähnlichen Graphen im Studium konfrontiert, schlossen aber mindestens einen finanzwirtschaftlichen Kurs erfolgreich ab. Alle Studierenden bearbeiteten alle acht Aufgaben in randomisierter Reihenfolge an einem Computer, während ein Eye Tracker (tobii X3-120) die Blickbewegungen aufzeichnete. Dies nahm etwa 30 Minuten in Anspruch und wurde mit 10€ entschädigt.

Datenanalyse

Als Leistungsindikatoren werden die Anteile richtig gelöster Aufgaben berichtet und gruppenweise varianzanalytisch verglichen. Zur Analyse der Aufmerksamkeitsverteilungen wurde neben den AOIs „Frage", „Graph" und „Optionen" (Abb. 1) auch ein Array aus quadratischen AOIs (Areas of Interest) über die präsentierten Diagramme (Bereich „Graph") gelegt und die Anzahl der Fixationen in den einzelnen AOIs gezählt. Diese Daten wurden anhand der Gesamtzahl Fixationen personenweise normiert und die Mittelwertdifferenz zwischen beiden Untersuchungsgruppen verglichen. Die resultierenden Differenzen wurden der Größe nach geordnet, gemäß ihrer Amplitude farblich kodiert und transparent über den originären Stimulus gelegt, um Gruppenunterschiede räumlich aufzulösen (Differenzplot (Klein et al., 2019)).

Ergebnisse

Das Hauptergebnis der Aufgabenbearbeitung ist in Abbildung 2 (links) dargestellt. Eine 2x2 ANOVA mit Gruppe als Zwischensubjektfaktor ergab einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe (die Physikstudierenden bearbeiteten die Diagramm-Aufgaben insgesamt besser als die WiWi-Studierenden; $F[1,266]=21.9$, $p<0.001$, $\eta^2=0.10$) sowie einen sign. Haupteffekt

des Faktors Kontext (Physik-Aufgaben wurden besser bearbeitet als Finanzaufgaben; $F[1,266]=10.3$, $p<0.001$, $\eta^2=0.05$) aber keinen Interaktionseffekt. Überraschenderweise gab es trotz den Gruppenunterschieden bzgl. der Leistung keine Unterschiede in der Verweildauer auf den Aufgaben, weder insgesamt noch auf einzelnen Elementen (siehe Abbildung 2, rechts), wodurch die Ergebnisse der Studie von Susac *et al.* nicht bestätigt werden können.

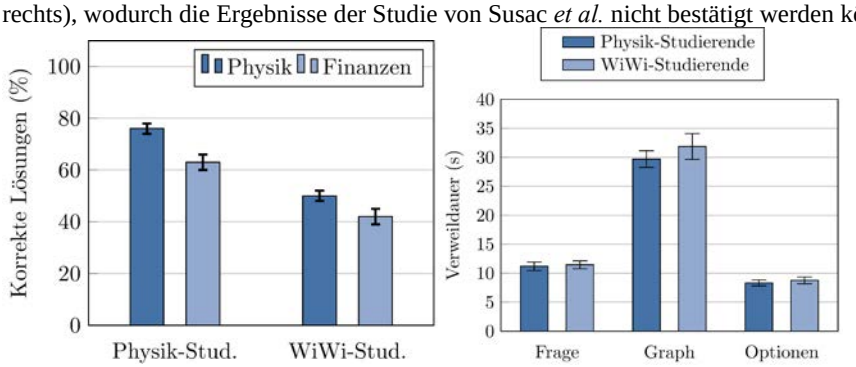


Abbildung 2: *Deskriptive Daten über die Korrektheit der Antworten nach Kontext und Gruppe (links) und über die Zeitdauer auf verschiedenen Aufgabenelementen (vgl. Abb. 1).*

Die Differenzplots zeigen unterschiedliche Aufmerksamkeitsverteilungen zwischen den WiWi- und Physikstudierenden. Während WiWi-Studierende vor allem auf die Bereiche des Graphen schauten, die durch die Aufgabenstellung hervorgehoben wurde (Oberflächenmerkmale; z.B. „die ersten drei Zeiteinheiten“ in Abb. 3), betrachten Physikstudierende die Abbildung als Ganzes (G105, G47, G24) oder fokussieren konzeptionell relevante Bereiche (Punkte zur Bildung von Intervallgrenzen in Abb. 3 rechts, G85, G63 statt G120).

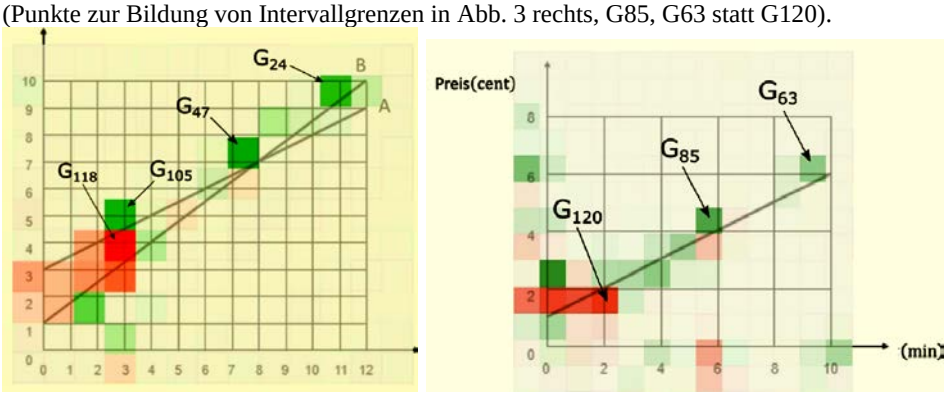


Abbildung 3: *Die Differenzplots stellen Bereiche, die häufiger von Physikstudierenden (WiWi-Stud.) betrachtet werden grün (rot) dar. Die Aufgaben verlangen den Vergleich der Steigungen der Kurven innerhalb der ersten 3 Zeiteinheiten (links) bzw. Bestimmung der Steigung (rechts).*

Diskussion

Die Ergebnisse reichern die Befundlage zum Vergleich des Diagrammverständnisses in verschiedenen Kontexten und Studierendengruppen an. Da auch Physikstudierende Leistungsabfälle beim Kontextwechsel zeigen, sollte im Unterricht / in der Hochschule verstärkt Wert auf einen flexibleren Umgang mit mathematischen Methoden gelegt werden, um die Flexibilität zu schulen. Ferner trägt die Methode des Differenzplots bei, Gruppenunterschiede bzgl. der Aufmerksamkeitsverteilung – bspw. zwischen Physikern und Nicht-Physikern – sichtbar zu machen, einen Zusammenhang zwischen dem Betrachten relevanter Gebiete einer Repräsentation und erfolgreichem Problemlösen herzustellen und kann somit bei weniger erforschten Repräsentationen für die Detektion von Lernschwierigkeiten dienlich sein.

Literatur

Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs, American journal of Physics, 62, 750-762).

Han, J., Chen, L., Fu, Z., Fritchman, J., Bao, L. (2017). Eye-tracking of visual attention in web-based assessment using the Force Concept Inventory, European Journal of Physics 38, 045702.

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., van de Weijer, J. (2011). Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures, OUP Oxford.

Kekule, M. (2014). Students' approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method, Proceedings of the frontiers in mathematics and science education research conference, FISER (pp. 108-117).

Klein, P., Küchemann, S., Brückner, S., Zlatkin-Troitschanskaia, O., and Kuhn, J. (2019). Student understanding of graph slope and area under a curve: A replication study comparing first-year physics and economics students, Physical Review Physics Education Research, 15020116.

Klein, P., Viiri, J., Mozaffari, S., Dengel, A., and Kuhn, J. (2018). Instruction-based clinical eye-tracking study on the visual interpretation of divergence: How do students look at vector field plots?, Physical Review Physics Education Research, 14(1), 010116.

Kozhevnikov, M., Motes, M. A., and Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving, Cognitive Science 31.4, 549-579.

Leinhardt, G., Zaslavsky, O. and Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching, Rev. Educ. Res. 60, 1.

Madsen, A. M., Larson, A. M., Loschky, L. C., and Rebello, N. S. (2012). Differences in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 8, 010122.

Madsen, A., Rouinfar, A., Larson, A. M., Loschky, L. C., and Rebello, N. S. (2013). Can short duration visual cues influence students' reasoning and eye movements in physics problems?,Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 9, 020104.

Susac, A., Bubic, A., Kazotti, E., Planinic M., and Palmovic, M. (2018). Student understanding of graph slope and area under a graph: A comparison of physics and nonphysics students, Physical Review Physics Education Research, 14(2), 020109.

Bianca Watzka[1]
Christoph Hoyer[1]
Bernhard Ertl[2]
Raimund Girwidz[1]

[1]Ludwig-Maximilians-Universität München
[2]Universität der Bundeswehr München

Wirkung visueller und auditiver Hinweise in Videos zu Wirbelströmen

Abstract
Vor allem unerfahrene Lernende haben oft Schwierigkeiten, relevante Informationen in visuellen Darstellungen zu erkennen. Visuelle und auditive Hinweise können Darstellungen ergänzen und deren kognitive Verarbeitung unterstützen. Bisher ist aber offen, wie groß der Einfluss des Hinweisformats auf die Verarbeitung der Darstellungen ist. Das Ziel dieser Studie ist, den Anteil der Varianzen in den Lernergebnissen herauszufinden, der durch das von visuellen und auditiven Hinweisen gesteuerte Blickverhalten erklärt werden kann.
Dazu wurden zwei Videos von Wirbelstromexperimenten mit Hinweisen erstellt. Die Hinweise erschienen entweder visuell als Textfelder und Hell-Dunkel-Kontraste oder auditiv als gesprochener Text. An der Studie nahmen 40 Lehramtsstudierende der Physik teil, die zufällig der Gruppe mit visuellen Hinweisen oder der Gruppe mit auditiven Hinweisen zugeteilt wurden. Ein Eye-Tracker zeichnete die Blickbewegungen der Probanden auf. Die Vor- und Nachtestung erfolgte durch Fragebögen, in denen u.a. die Erinnerung an Aufbau und Durchführung der Experimente erfasst wurde.
Die Auswertung der Daten erfolgte mit *t*-Tests und der Analyse hierarchischer Regressionsmodelle, in die Größen der Blickbewegungen schrittweise eingingen. Probanden der Gruppe mit auditiven Hinweisen konzentrierten ihre Blicke nicht nur signifikant häufiger und länger auf das im Video gezeigte Experiment als die Probanden der Gruppe mit visuellen Hinweisen, sie gaben auch signifikant mehr Geräte in der Beschreibung und Skizze des Aufbaus korrekt an. Entsprechend erklärt das Hinzunehmen der Anzahl der Fixationen auf das Experiment als unabhängige Variable im Regressionsmodell den größten Anteil an Varianzen in der Angabe von Geräten / Bauteilen und in der Angabe der korrekten Gerätebezeichnung.
Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, visuelle physikalische Darstellungen am besten durch auditive Hinweise zu ergänzen, damit relevante Informationen häufiger wahrgenommen und dadurch besser erinnert werden.

Theorie

Hegarty, Carpenter und Just (1991) klassifizieren visuelle Darstellungen in drei Kategorien, die visuelle Darstellungen nach ihrem Informationsgehalt und Abstraktionsgrad unterscheiden. Für diese Studie ist ausschließlich Kategorie 1 relevant. Sie enthält alle bildhaften Darstellungen, die eine getreue Abbildung des Originals sind, wie etwa Fotos von Versuchsaufbauten. Solche Darstellungen ermöglichen das Wahrnehmen und Wiedererkennen von Informationen (Weidenmann, 1994) und sie gelten aufgrund ihrer Ähnlichkeit zum Original als leicht verständlich (Peeck, 1993). Obwohl Darstellungen dieser Kategorie Informationen leicht zugänglich anbieten, tun sich vor allem unerfahrene Lernende schwer zwischen relevanten und irrelevanten Informationen zu unterscheiden (Ainsworth, 2006; Rosengrant, Etkina, & van Heuvelen, 2007; Canham & Hegarty, 2010; Wagner, Manogue, Thompson, Rebello, Engelhardt, & Singh, 2012; Glaser & Schwan, 2015; Bollen, van Kampen, Baily, Kelly, & de Cock, 2017). Abhilfe können inhaltliche und aufmerksamkeitssteuernde Hinweise schaffen.
Gemäß dem Signalisierungsprinzip werden Informationen von multimedialen Lernmaterialien besser zugänglich, wenn Hinweise die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die relevanten

Informationsbereiche im Lernmaterial lenken (van Gog, 2014). Hinweise können visuell durch beispielsweise farbliche Hervorhebungen oder auditiv durch zum Beispiel sprachliche Betonungen gegeben werden. Zahlreiche Ergebnisse von Studien belegen die aufmerksamkeitssteuernde Wirkung visueller Hinweise. Die Ergebnisse von Eye-Tracker-Studien zeigen, dass solche Hinweise zu kürzeren Suchzeiten sowie längeren und häufigeren Betrachtungszeiten von relevanten Informationen führt (z.B. Jamet, Gavota, & Quaireau, 2008; Boucheix & Lowe, 2010; de Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2010; Jarodzka, van Gog, Dorr, Scheiter, & Gerjets, 2013; Scheiter & Eitel, 2015; Reisslein, Johnson, & Reisslein, 2015; Xie, Mayer, Wang, & Zhou, 2019).
Weniger eindeutig ist die Studienlage bezüglich der lernförderlichen Wirkung visueller Hinweise (Xie et al., 2019). Zwar geht beispielsweise der Einsatz von farblichen Hervorhebungen (z.B. Reisslein et al., 2015) oder Hell-Dunkel-Kontrasten (z.B. de Koning et al., 2010) mit besseren Lernergebnissen einher. Auf die Verwendung von Pfeilen trifft dies aber nicht zu. Beispielsweise zeigen die Ergebnisse von Kriz und Hegarty (2007), dass Pfeile zwar die Aufmerksamkeit auf die relevanten Bereiche im Lernmaterial lenken, aber nicht zum besseren Verständnis beitragen.
Die Studienlage zur Wirkung auditiver Hinweise auf die Steuerung der Aufmerksamkeit und den Lernerfolg ist deutlich kleiner. Glaser und Schwan (2015) weisen z.B. positive Effekte von gesprochenen Zusatzinformationen auf die Aufmerksamkeit und die Lernleistung der Betrachter nach. Die Ergebnisse von Xie et al. (2019) zeigen ebenfalls, dass auditive Hinweise die Aufmerksamkeit steuern und dass Kombinationen aus visuellen und auditiven Hinweisen nicht nur die Aufmerksamkeit, sondern auch die Lernergebnisse verbessern.

Forschungsfragen (Auswahl)
- FF 1: Ist die Anzahl der Fixationen von relevanten Informationen in der Gruppe, die Videos mit auditiven Hinweisen ansieht, größer als in der Gruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen betrachtet?
- FF 2: Welcher Anteil der Varianzen der Lernergebnisse wird jeweils durch die Blickdauer, welcher durch die Anzahl der Fixationen und welcher durch die Zeiten vom Erscheinen der Hinweise bis zu den ersten Fixationen erklärt?

Methodik
An der Studie nahmen 40 Lehramtsstudierende der Physik teil. Die Teilnehmenden wurden völlig zufällig den beiden Versuchsbedingungen (Videos mit visuellen Hinweisen vs. Videos mit auditiven Hinweisen) zugeteilt und einzeln unter Laborbedingungen getestet. Der Studie lag ein Pre-Post-Design zugrunde. Nach dem Pre-Test, erfolgte die Einstellung und Kalibrierung des Eye-Trackers. Anschließend wurde das Video zur Wirbelstromscheibenbremse am Computer betrachtet, während der Eye-Tracker die Blickbewegungen aufzeichnete. Danach wurde der Eye-Tracker erneut kalibriert und das Video zum Waltenhofen Pendel angesehen. Auch hier zeichnete der Eye-Tracker die Blickbewegungen während dem Ablaufen des Videos auf. Den Abschluss der Studie bildete der Post-Test.
Instruktionsmaterialien waren zwei Videos, die den Aufbau und die Durchführung von zwei Experimenten zu Wirbelströmen zeigten (Scheibenbremse und Waltenhofen Pendel). Beide Videos wurden durch den Einsatz von Hinweisen variiert (visuell vs. auditiv). In den Videos mit visuellen Hinweisen erschienen synchron zur Handlung erklärende Textfelder und Hell-Dunkel-Kontraste, welche die jeweils passenden Bereiche im Video hervorhoben. In den Videos mit auditiven Hinweisen wurden sowohl erklärende Informationen als auch aufmerksamkeitssteuernde Anweisungen gesprochen angeboten.

Messungen: Mit einem Eye-Tracker (Abtastrate: 120 Hz) erfolgte die Messung der Metriken für die Bestimmung der visuellen Aufmerksamkeit und der Informationssuche. Dazu heran-

gezogen wurden die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen, die Blickdauer auf Hinweise und das Experiment und die Anzahl der Fixationen von Hinweisen und vom Experiment. Der Pre-Test erfasste demografische Daten, das Vorwissen, das Interesse an Sachverhalten zu Wirbelströmen und die Motivation, sich mit Experimenten zu Wirbelströmen zu befassen. Der Post-Test prüfte die Lernergebnisse ab, wobei zwischen folgenden Kriterien differenziert wurde: (a) Angabe der Geräte, (b) Bezeichnung der Geräte, (c) Skizze und Beschreibung des Aufbaus und (d) Skizze und Beschreibung der Durchführung.

Auswertung: Zur Beantwortung der FF 1 wurde ein *t*-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Für FF 2 wurden hierarchische Regressionsmodelle analysiert. Dazu wurden die Regressionsmodelle separat nach den beiden Bedingungen berechnet und miteinander verglichen. Die Eye-Tracker-Metriken stellten die Prädiktoren dar. Sie wurden in drei Blöcken schrittweise in die Modelle aufgenommen. Die Lernergebnisse des Post-Tests wurden als abhängige Variable in die Modelle aufgenommen.

Ergebnisse (Auswahl)

FF 1: Die Anzahl der Fixationen auf das Experiment ist in der Gruppe, die Videos mit auditiven Hinweisen betrachtete, signifikant größer als in der Gruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen ansah ($t(38) = 8.204$; $p < .001$; $r = 0.80$; *95% CI* = [9.677, 16.017]). Auch die anderen Eye-Tracker-Metriken unterscheiden sich zwischen den Versuchsbedingungen signifikant voneinander.

FF 2: In keinem Modell ist die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen ein Prädiktor für das Lernergebnis. In Modellen der Gruppe mit visuellen Hinweisen, ist zudem auch die Blickdauer kein signifikanter Prädiktor für das Lernergebnis. Abhängig davon, welches Kriterium der Lernergebnisse als abhängige Variable in das Modell aufgenommen wird, ist aber eine Tendenz zu erkennen. So beeinflusst beispielsweise die Blickdauer auf Textfelder mit einem *p*-Wert von .079 die Streuung in den Lernergebnissen, bei denen es um die Bezeichnung der Geräte in der Beschreibung des Versuchsaufbaus geht. Die Anzahl der Fixationen erklärt 88 % der Varianzen der Lernergebnisse (*stand.* $\beta = .958$; $B = .256$; $t = 11.160$; $p < .001$; *95% CI* = [.207, .305]). In Modellen der Gruppe mit auditiven Hinweisen, erklärt die Blickdauer auf das Experiment 17 % der Varianzen der Lernergebnisse (*stand.* $\beta = .514$; $B = .155$; $t = 2.409$; $p = .028$; *95% CI* = [.019, .291]). Das Hinzunehmen der Anzahl an Fixationen als Prädiktor erklärt zusätzliche 70 % der Varianzen der Lernergebnisse (*stand.* $\beta = .873$; $B = .258$; $t = 9.295$; $p < .001$; *95% CI* = [.199, .317].

Resümee

Die Lernergebnisse lassen sich in hohem Maße durch die Anzahl der Fixationen des Experiments vorhersagen. Steigt diese Anzahl um 4 Fixationen an, so steigt auch die erreichte Punktzahl im Posttest um durchschnittlich einen Punkt an, was beispielsweise der korrekten Angabe eines Gerätes im Versuchsaufbau entspricht. Hinzu kommt, dass diese Fixationsanzahl in der Gruppe mit den Videos, die auditive Hinweise enthielten, größer ist als in der Vergleichsgruppe, die Videos mit visuellen Hinweisen betrachtete. Keinen Einfluss auf die Lernergebnisse hat die Zeit vom Erscheinen der Hinweise bis zu deren ersten Fixationen. Zwar sind diese Zeiten zwischen den Bedingungen signifikant verschieden voneinander, aber ein längeres visuelles Suchen blieb bei beiden Gruppen aus. Die Unterschiede in diesen Zeiten liegen vermutlich in der Art der Hinweise. So wurden beispielsweise in der Gruppe der Videos mit visuellen Hinweisen die Textfelder immer vor dem Experiment angesehen. Zusammengenommen erscheint es daher sinnvoll, die Aufmerksamkeit der Lernenden schon beim Betrachten von Experimentiervideos durch auditive Hinweise auf die Elemente des Experiments zu lenken und so eine große Anzahl an Fixationen dieser Elemente auszulösen.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.

Bollen, L., van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., & de Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020109.

Boucheix, J.-M. & Lowe, R. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123-135.

Canham, M.S. & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 155-166.

de Koning, B.B., Tabbers, H.K., Rikers, R.M., & Paas, F. (2010). Attention guidance in learning from complex animation: seeing is understanding?. *Learning and Instruction*, 20(2), 111-122.

Glaser, M. & Schwan, S. (2015). Explaining pictures: how verbal cues influence processing of pictorial learning material. *Journal of Educational Psychology*, 107(4), 1006-1018.

Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1991). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In R. Barr, M. Kamil, P. B. Mosenthal, & P. D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research*: Vol. 2 (pp. 641-668). New York: Longman.

Jamet, E., Gavota, M., & Quaireau, C. (2008). Attention guiding in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 18(2), 135-145.

Jarodzka, H., van Gog, T., Dorr, M., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a Model's eye movements fosters learning. *Learning and Instruction*, 25, 62–70.

Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65, 911–930.

Peeck, J. (1993). Increasing Picture Effects in Learning From Illustrated Text. *Learning and Instruction*, 3(3), 227-238.

Reisslein, J., Johnson, A.M., & Reisslein, M. (2015). Color coding of circuits quantities in introductory circuit analysis instruction. *Transactions on Education*, 58(1), 7-14.

Rosengrant, D., Etkina, E., & van Heuvelen, A. (2007). An overview of recent research on multiple representations. Paper presented at the Physics Education Research Conference 2006, Syracuse, New York.

Scheiter, K. & Eitel, A. (2015). Signals foster multimedia learning by supporting integration of highlighted text and diagram elements. *Learning and Instruction*, 36, 11-26.

van Gog, T. (2014). The signaling (or cueing) principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 263–278). New York, NY: Cambridge University Press.

Wagner, J.F., Manogue, C.A., Thompson, J.R., Rebello, N.S., Engelhardt, P.V., & Singh, C. (2012). Representation issues: using mathematics in upper-division physics. AIP Conf. Proc. 1413, 89.

Weidenmann, B. (1994). Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber Verlag.

Xie, H.; Mayer, R.; Wang, F., & Zhou, Z. (2019). Coordinating Visual und Auditory Cueing in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 235-255.

Tim Billion-Kramer
Hendrik Lohse-Bossenz
Tobias Dörfler
Markus Rehm

Pädagogische Hochschule Heidelberg

Veränderung des Professionswissens zu NOS im Längsschnitt - eine Messinvarianzprüfung

Nature of Science (NOS)

In der Naturwissenschaftsdidaktik wird Professionswissen zum Wissenschaftsverständnis domänenübergreifend unter der Bezeichnung Nature of Science (NOS) diskutiert und gelehrt (z. B. Lederman, 2007; Höttecke & Henke, 2010; McComas, 2014; Allchin, 2017). Frühe Unterrichtsbemühungen und Untersuchungen zu NOS konzentrierten sich in den USA der 50er und 60er Jahre auf Erkenntniswege wissenschaftlichen Wissens, also *Scientific Inquiry* (vgl. Lederman et al., 2019), z. B. Welch & Pella (1967). Später traten Aspekte der Wissenschaftsphilosophie, -historie und -soziologie hinzu, z. B. im Sinne von Popper (1935) oder Kuhn (1962). Zunehmend bekommt das Wissen und Reflektieren über NOS als Teil naturwissenschaftlicher Bildung auch im deutschsprachigen Raum Gewicht (z. B. KMK 2005; Höttecke, 2001).

In aktuellen Ansätzen beinhaltet NOS ein reflektiertes Verständnis der Rolle der Naturwissenschaften im gesellschaftlichen, technischen, ökologischen und ansatzweise historischen Kontext sowie Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnis (z. B. Gebhard et al. 2017, Allchin, 2017). Mit der Reflexion über NOS nimmt naturwissenschaftlicher Unterricht eine grundlegende allgemeinbildende Funktion wahr: Schülerinnen und Schüler sollen über Kenntnisse naturwissenschaftlicher Inhalte und Methoden verfügen, damit sie Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Wissens und Handelns reflektieren können. Dabei beinhaltet diese Reflexion nicht nur naturwissenschaftliches Fachwissen, sondern auch erkenntnis- und wissenschaftstheoretisches sowie wissenschaftshistorisches und -soziologisches Wissen (Gebhard et al., 2017).

In der anglo-amerikanischen Naturwissenschaftsdidaktik wurden unterschiedliche Vorschläge gemacht, um das Lernen über NOS zu strukturieren, woraus sich bestimmte berufliche Anforderungen an das fachdidaktische Wissen und Können von Lehrkräften ergeben. Insbesondere wurde das Konstrukt NOS elementarisiert, um die Komplexität des Themas für Lernprozesse besser greifbar, und vor allem vermittelbar zu machen. Eine prominente Elementarisierungsmaßnahme stellt ein Minimalkonsens dar, der durch zentrale NOS-Aspekte beschrieben wird.

Minimalkonsens zu NOS

Seit etwa zwei Jahrzehnten werden in der Naturwissenschaftsdidaktik Aspekte eines Minimalkonsenses diskutiert, der NOS-Eigenschaften skizziert, die Lernende, aber auch Lehrkräfte kennen und reflektiert haben sollten (z. B. Osborne et al., 2003; Lederman, 2007; kritisch dazu z. B. Irzik & Nola, 2011; Erduran & Dagher, 2014; Allchin, 2017). Die Strukturierung bzw. Elementarisierung von NOS ergibt sich aus einer fachlichen Analyse der Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Schülerperspektive.

Die Aspekte (a) Wissen über die Bedeutung von Kreativität und Subjektivität für wissenschaftliche Erkenntnis (KS), (b) Wissen über die Veränderung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Laufe der Zeit (VZ) und (c) Wissen über die Differenzierung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung (BS) stehen im Zentrum häufig diskutierter Elementarisierungen zu NOS.

Stand der Forschung zu NOS: Wissen und Können von Lehrkräften

Die internationale Forschungslage zeigt derzeit ein unzureichendes Professionswissen bei Lehrkräften in Bezug auf NOS. Fachdidaktische Konzeptualisierungen von NOS finden sich häufig nicht in Wissenschaftsvorstellungen von (angehenden) Lehrkräften wieder (z. B. Deng et al., 2011). Weitere Befunde weisen darauf hin, dass Lehrkräfte mit angemessenen Vorstellungen zu NOS diese nicht automatisch in ihre Unterrichtspraxis integrieren bzw. übertragen (z. B. Bartos & Lederman, 2014). Zudem betrachten Lehrkräfte der Naturwissenschaften NOS im Vergleich zu „konkreten" naturwissenschaftlichen Konzepten, wie beispielsweise „Bewegung" oder „Evolution", nicht als gleichwertiges Ziel naturwissenschaftlicher Bildung (z.B. Duschl & Wright, 1989). Insgesamt zeigt die Befundlage anhand weniger Studien ein mangelndes Wissen und Können bei Lehrkräften für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu NOS; Abd-El-Khalick et al. (2008) vermuten die Gründe in der Lehrerbildung (Hochschule und Vorbereitungsdienst) sowie in verwendeten Schulbüchern. Die zitierten Studien referieren internationale Befunde aus Ländern, in denen ein spezielles fachdidaktisches Studium allerdings nicht Teil der Lehrerbildung ist, also anders als in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik wird NOS inzwischen prominent diskutiert. Es kann angenommen werden, dass sich dies auf die hochschulische Lehre und in besseren Ergebnissen bei (angehenden) Lehrkräften auswirkt. Eine Analyse von Schulbüchern haben Marniok und Reiners (2016) vorgelegt, in der allerdings kein Schulbuch in Hinblick auf NOS überzeugt. Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob sich mangelndes Wissen und Können zu NOS auch bei Lehrkräften in deutschsprachigen Ländern zeigt, insbesondere ungeklärt ist, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zu Wissen und Können zu NOS leistet.

Erfassung von professioneller Kompetenz

Grundsätzlich soll in einem Längsschnitt geprüft werden, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zu Wissen und Können zu NOS leistet. Eine zentrale methodische Herausforderung an die empirische Erfassung professioneller Kompetenz von Lehrkräften liegt in der Schaffung eines möglichst authentischen Bezugsrahmens (Shavelson, 2013). Dieser Herausforderung soll mit der Verwendung von kurzen Unterrichtssequenzen in Textform begegnet werden, sogenannten Vignetten. Vignettentests lassen sich im Gegensatz zu Unterrichtsbeobachtungen vergleichsweise zeitökonomisch einsetzen. Sie ermöglichen quantitative und zugleich unterrichtsnahe Erhebungen von Professionswissen (Rehm & Bölsterli, 2014; Brovelli et al., 2014; Rutsch et al., 2018). Zu den oben genannten Facetten (a bis c) wurde ein Vignettentest mit hinreichend authentischen Unterrichtssituationen und verschiedenen Handlungsoptionen beschrieben. Proband/-innen sollen diese Handlungsoptionen nach ihrer situationsspezifischen Angemessenheit auf einer Skala von eins bis sechs bewerten. Zu den drei oben beschriebenen NOS-Facetten wurden jeweils drei Vignetten in den finalen Test übernommen. Zu den Vignetten erfolgt eine Punktevergabe zunächst auf Itemebene (vgl. Meschede et al., 2015; Rutsch et al., 2018). Zur Testwertberechnung wurde eine Musterlösung entwickelt, an der sich Naturwissenschaftsdidaktiker/-innen (N = 8) beteiligten, die an deutschsprachigen Hochschulen zu NOS forschen. Mit dem Modalwert dieser Musterlösung werden die Antworten der Proband/-innen verglichen. Eine Dimensionalitätsprüfung des Tests ergab (Billion-Kramer et al., 2019), dass ein dreidimensionales Modell (mit den drei NOS-Facetten) einem eindimensionalen Modell nicht überlegen ist; seitdem wird mit einem eindimensionalen Modell weitergearbeitet.

Fragestellung
Um zu prüfen, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zum Wissen und Können zu NOS leistet und Längsschnittdaten belastbar analysieren zu können, ist zunächst eine Prüfung der Messinvarianz notwendig, um zu allen Messzeitpunkten möglichst identische Konstrukte abzubilden. Diese Prüfung soll im Folgenden durchgeführt werden.

Methode
An der Studie nahmen 289 Referendar/-innen des Lehramts für die Sekundarstufe 1 im Alter von 22 bis 49 Jahren teil (*M* = 26.64, *SD* = 3.39, 204 weiblich), von denen 257 (181 weiblich) mindestens ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach studiert haben. Darunter 176 (138 weiblich) angehende Lehrkräfte mit dem Unterrichtsfach Biologie, 76 (52 weiblich) mit Chemie und 45 (18 weiblich) mit Physik.
Entsprechend der Dimensionalitätsprüfung wurde das Konstrukt NOS eindimensional spezifiziert (Abbildung 1).

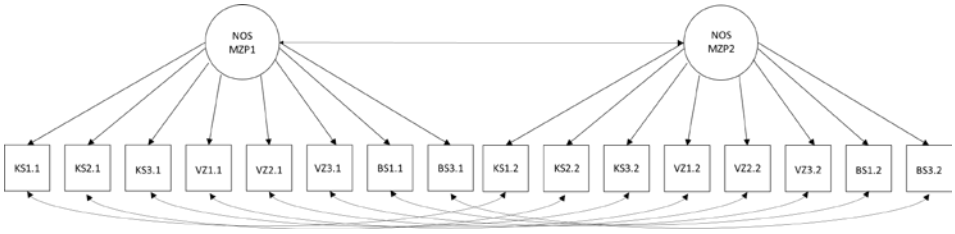


Abb. 1 Modell zu Prüfung der Messinvarianz

Ergebnis
Die Messinvarianzprüfung wurde auf Basis von χ2-Tests durchgeführt. Sie zeigt gute Modellfitwerte, sofern schwache und starke Messinvarianz jeweils nur partiell spezifiziert wurde (Tabelle 1). Die latenten Korrelation zwischen den beiden Messzeitpunkten liegt bei .567.

Tab. 1: Ergebnisse der Messinvarianzprüfung

	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	χ2	*df*	Δχ2	Δ*df*	*p*
Konfigural	0.99	0.99	0.01	0.07	97.23	95			
Schwach*	0.98	0.98	0.01	0.07	103.23	99	6.76	4	.149
Stark*	0.97	0.97	0.02	0.08	109.94	103	6.15	4	.188
Strikt	0.95	0.94	0.02	0.09	124.64	111	15.01	8	.059

*Abkürzungen: CFI = Comparative Fit Index, TLI = Tucker-Lewis Index, RMSEA = Root Mean Square Error of Approximation, SRMR = Standardized Root Mean Square Residual, * = nur partiell erreicht*

Diskussion und Ausblick
Die hier durchgeführte Prüfung zeigt keine substantiellen Probleme in Bezug auf die Messinvarianz. Zumindest sechs der acht Vignettenscores laden messinvariant über beide Messzeitpunkte auf dem eindimensional abgebildeten Konstrukt NOS. Zunächst besteht zwar scheinbar eine hohe Stabilität der Rangreihe von Personen, aber die Größe der Veränderungen sowie die interindividuellen Unterschiede in diesen Veränderungen werden in weiteren Schritten über ein Latent-change-score-model geschätzt.

Literatur

Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education,* 17, 18-26.

Abd-El-Khalick, F.,Waters,M., Le,A.-P. (2008).Representations of NatureofScience in High School ChemistryTextbooksoverthe PastFour Decades.JRST45, 835–855.

Bartos, S. A. & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(9), 1150–1184. https://doi.org/ 10.1002/tea.21168.

Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (2019). Pilotierung des Nature of Science-Vignettentests EKoL-NOS. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 54-57). Universität Regensburg.

Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. American Journal of Educational Research, 2(7), 555-

Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. In: *Science Education 95* (6), S. 961–999. https://doi.org/10.1002/sce.20460.

Erduran S. & Dagher Z. R. (2014). Reconceptualizing Nature of Science for Science Education. In: Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Contemporary Trends and Issues in Science Education, vol 43. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4_1.

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Berlin: Springer VS.

Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen.* Berlin: Logos.

Höttecke, D. & Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen - Geschichte und Philosophie im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, Themenheft Natur der Naturwissenschaften, Heft 4+5, 2-7.

Irzik, G. & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. In: *Sci & Educ* 20 (7-8), S. 591–607. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4.

KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.

Kuhn, T.S. (1962). The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press.

Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers, 831-879.

Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., . . . Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*, 1057. https://doi.org/10.1002/tea.21512.

Marniok, K., & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. CHEMKON, 23(2), 65–70. Doi.org/10.1002/ckon.201610265.

McComas, W. F. (2014). Nature of Science. In W. F. McComas, *The Language of Science Education.* Rotterdam: Sense.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What "Ideas about Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. In: *Journal of Research in Science Teaching, 40* (7), S. 692–720. https://doi.org/10.1002/tea.10105.

Popper, K. (1935): Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. Wien: Springer.

Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (pp. 213-225). Berlin, Heidelberg: Springer. Doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_18.

Rutsch, J., Vogel, M., Seidenfuß, M., Dörfler, T., & Rehm, M. (2018). Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß, & T. Dörfler (Eds.), Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung (pp. 9-25). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_1.

Welch, W. W. & Pella, M. O. (1967). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *Journal of Reserch in Science Teaching, 5*, 64–68. https://doi.org/10.1002/tea.3660050115.

Stefan Müller Universität zu Köln
Christiane S. Reiners

Verständnisfördernde Lernarrangements zu ausgewählten NOS-Aspekten

Forschungsdesiderat und Forschungsfragen

Studien zeigen, dass Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften vielfach nur über ein unzureichendes Verständnis bestimmter Aspekte von „Nature of Science“ (NOS) verfügen. Darüber hinaus weisen Befunde darauf hin, dass Vorstellungen zu manchen NOS-Aspekten besonders resistent gegenüber Veränderungen sind, darunter Vorstellungen über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie über deren Eingebundenheit in einen sozialen und kulturellen Kontext (Mesci & Schwartz, 2017; Cofré et al., 2019). Ein adäquates Verständnis dieser beiden vermeintlichen Grenzen von Naturwissenschaften scheint vor dem Hintergrund aktueller Debatten um die Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen („Fake Science“) jedoch von entscheidender Bedeutung zu sein (Kampourakis, 2018). Da ein adäquates Verständnis auf Seite der Lernenden zunächst ein adäquates Verständnis der Lehrenden voraussetzt, ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Welche Vorstellungen besitzen Lehramtsstudierende des Faches Chemie über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie deren Eingebundenheit in einen soziokulturellen Kontext und sind diese Vorstellungen resistent gegenüber Veränderungen?
- Worin liegen die Ursprünge für diese Vorstellungen und deren Resistenz?
- Inwiefern lässt sich mithilfe von schulrelevanten Kontexten und NOS-Aktivitäten ein adäquates und kompetenzorientiertes Verständnis der beiden NOS-Aspekte bei zukünftigen Lehrenden fördern?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden zwei Studien mit Lehramtsstudierenden der Universität zu Köln im Rahmen von chemiedidaktischen Seminaren durchgeführt.

Fallstudie 2018: Vorstellungen erheben und Ursprünge aufdecken

Zentrales Ziel der ersten Studie im Jahr 2018 (n = 42) stellt die Beantwortung der ersten beiden Forschungsfragen dar. Um die Vorstellungen der Studierenden zu ermitteln, wurde ein halbstandardisierter Fragebogen mit offenen Fragen als Pretest eingesetzt, welcher auf dem VNOS-C Fragebogen basiert (Lederman et al., 2002; Höttecke, 2006). Des Weiteren dienten Interviews, Lernportfolios, Arbeitsmaterial der Studierenden sowie teilnehmende Beobachtung der Validierung der Ergebnisse im Sinne einer Daten- und Methodentriangulation (Lamnek, 2010). Im Anschluss an eine Intervention füllten die Studierenden den Fragebogen erneut aus, um Veränderungen in den Vorstellungen feststellen zu können. Die Vorstellungen der Studierenden zu beiden NOS-Aspekten wurden mithilfe einer skalierenden Strukturierung entsprechend der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) verschiedenen Kategorien zugeordnet: „naiv“, „inkonsistent“ sowie verschiedenen Leveln von „informiert“ (+, ++, +++) (Vgl. Lederman et al., 2002; Desaulniers Miller et al., 2010; Mesci & Schwartz, 2017). Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass Vorstellungen zur soziokulturellen Eingebundenheit weniger resistent gegenüber Veränderungen sind, da sich die Vorstellungen der Probanden durch eine Reflexion verschiedener Beispiele aus der Chemie überwiegend in informierte Ansichten auf einem höheren Level überführen ließen. Vorstellungen zur Vorläufigkeit von Erkenntnissen scheinen hingegen veränderungsresistenter zu sein. So besaßen einige Studierende im Anschluss an die Intervention gleich oder sogar weniger informierte Ansichten. Dieser Befund kann durch folgende Beobachtungen untermauert werden: Viele Studierende sind offenbar auch nach der Intervention nicht in der Lage die prinzipielle Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu begründen. Zudem betrachten sie nicht alle

Erkenntnisarten als veränderbar, sondern führen vor allem Modelle und Theorien, wie die verschiedenen Atommodelle, explizit als vorläufig an. Darüber hinaus scheint die Beschäftigung mit der Vorläufigkeit während der Intervention manche Studierende zu verunsichern (Müller & Reiners, 2019).

Folgestudie 2019: Verständnisfördernde Maßnahmen

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Fallstudie wurde im Jahr 2019 eine Folgestudie mit zwei parallelen Seminargruppen (n = 46) durchgeführt. Der Fokus dieser Untersuchung stellte die Erprobung und Evaluation verständnisfördernder Maßnahmen zu Vorstellungen über die Vorläufigkeit dar. Während Forschungsdesign und Studienablauf erhalten blieben, ergaben sich einige inhaltliche Änderungen, welche die zuvor dargestellten Beobachtungen aus der ersten Studie zu berücksichtigen suchten. Zwei dieser Neuerungen werden im Anschluss an die folgende Darstellung zentraler Ergebnisse vorgestellt. Dabei beruhen die Ergebnisse bislang auf der Auswertung des Datenmaterials einer Seminargruppe (n = 26).

Tab. 1: Vorstellungen der Studierenden zur Vorläufigkeit (Folgestudie 2019)

	Informiert +++	Informiert ++	Informiert +	In-konsistent	Naiv	Nicht erschließbar
Pretest	1	8	7	6	4	0
Posttest	6	12	5	3	0	0

Im Anschluss an die Intervention besaßen fast alle Studierenden informierte Ansichten zur Vorläufigkeit (siehe Tabelle 1). Zudem konnten fast zwei Drittel (62 %) im Posttest ein höheres Level erreichen. Die Selbsteinschätzungen der Studierenden und die qualitative Auswertung der Studierendenaussagen zeigen, dass sie den größten Beitrag zu ihrem Lernzuwachs einer Strukturierungshilfe und bestimmten dekontextualisierten Aktivitäten zuschreiben sowie der Analyse verschiedener Beispiele zur Vorläufigkeit von Erkenntnissen.

Strukturierungshilfe zur Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse

Abb. 1: Strukturierungshilfe zur Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse

Um den Studierenden mehr Transparenz über ihren eigenen Lernprozess sowie den Ablauf der Intervention zu ermöglichen, erhielten sie eine Strukturierungshilfe in Form einer Mind-Map. Die einzelnen Abschnitte der Mind-Map stellen dabei zentrale Fragen zum Vorläufigkeitsbegriff aus chemiedidaktischer Sicht, welche die Studierenden beantworten und nach und nach ergänzen sollten (siehe Abbildung 1). Wie der folgenden Aussage eines Studierenden zu entnehmen ist, half die Strukturierungshilfe dabei, Begründungen für die

Vorläufigkeit von Erkenntnissen zu verdeutlichen und zu vernetzen: „Mir war zwar auch schon vor dem Seminar bewusst, dass Naturwissenschaften größtenteils vorläufig sind, jedoch wurde mir jetzt besonders durch die Concept-Map bewusst, wie und warum sich Erkenntnisse ändern." (SP11Post). Andererseits konnte mithilfe der Mind-Map zugleich auch die Beständigkeit von Erkenntnissen thematisiert werden, um einer Verunsicherung der Studierenden vorzubeugen (Clough, 2007): „Die Concept-Map fand ich wirklich sehr gut […]. Das halt auch beides drin war: veränderbar und beständig" (BN92Post).

Die BlackTube

Sogenannte dekontextualisierte Aktivitäten dienen dazu, Lernenden spielerisch NOS näherzubringen, ohne die Vermittlung durch das gleichzeitige Erlernen von Fachinhalten zu erschweren (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998). Wie beim klassischen Black-Box-Experiment simulieren diese Aktivitäten zumeist den Modell- bzw. Theoriebildungsprozess (Schaer, 1991). Damit die Studierenden auch andere naturwissenschaftliche Erkenntnisarten als prinzipiell vorläufig betrachten, wurde für die vorgestellte Studie eine neue Aktivität entwickelt: die „BlackTube". Dabei handelt es sich um eine Röhre, in welcher sich hintereinander aufgereiht verschiedenfarbige Kugeln befinden. Die Aufgabe der Lernenden ist es, die ihnen unbekannten Gegenstände nacheinander aus der Röhre herauszuholen und auf Grundlage dieser Beobachtungen jeweils Vorhersagen für den nächsten Gegenstand in der Röhre zu treffen. Auf diese Weise können sie den für die Naturwissenschaften zentralen Aspekt des Auffindens von Mustern und Gesetzmäßigkeiten sowie deren fortwährende Weiterentwicklung haptisch nachvollziehen. Wie die Ergebnisse der Studie zeigen, ist die BlackTube in Verbindung mit Kontexten aus der Chemie dazu geeignet, Lehramts-studierenden die Vorläufigkeit von Gesetzen zu vermitteln. Darüber hinaus ergänzt sie das bekannte Black-Box Experiment, wie dem Vergleich in Tabelle 2 zu entnehmen ist.

Tab. 2: Vergleich zwischen dem klassischen Black-Box Experiment und der BlackTube

	Black-Box	**BlackTube**
Aktivität repräsentiert:	Modellbildungsprozess	Auffinden von Mustern
Gegenstände im Innern repräsentieren:	Submikroskopische Abläufe	Ergebnisse mehrerer Untersuchungen
Vorläufigkeit von:	Theorien & Modellen	Gesetzen & Gesetzmäßigkeiten
Motivierend durch:	Haptische und spielerische Elemente	Haptische und spielerische Elemente
Mögliche Kontexte:	Entwicklung der Atommodelle	Ideale Gasgesetze, Gesetz der konstanten Proportionen

Fazit

Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass Lehramtsstudierende oftmals nicht in der Lage sind, die prinzipielle Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu begründen und sie diese darüber hinaus vor allem auf Theorien und Modelle beschränken. Die Ergebnisse legen nahe, dass zur Förderung eines adäquaten Verständnisses eine differenziertere Auseinandersetzung mit der Vorläufigkeit notwendig ist. Diese sollte sowohl Hilfen zur Strukturierung des Lernprozesses als auch Kontexte und dekontextualisierte Aktivitäten einschließen, welche die Vorläufigkeit aller Erkenntnisarten umfassen. Um Verunsicherungen durch eine Beschäftigung mit der Vorläufigkeit zu vermeiden, sollte zudem auch die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse mit in den Fokus der Betrachtung gerückt werden. Da die Vorläufigkeit einen besonders entscheidenden Aspekt von NOS darstellt (Bell, 2009), lassen sich die zentralen Ergebnisse der Untersuchung voraussichtlich auch zur Vermittlung anderer NOS-Konzepte adaptieren.

Literatur

Bell, R. L. (2009). Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions. Best Practices in Science Education, 15. Retrieved from http://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000000028/am_bell_teach_nat_sci_scl22-0449a_pdf

Clough, M. P. (2007). Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions Rather Than Tenets, The Pantaneto Forum, 25, http:www.pantaneto.co.uk/issue25/front25.htm, January.

Cofré, H., Núnez, P., Santibánez, D., Pavez, J. M., Valencia, M. & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students´and Teachers´Understandings of Nature of Science. Science & Education, 28, 205-248.

Desaulnier Miller, M. C., Montplaisir, L. M., Offerdahl, E. G., Cheng, F.-C. & Ketterling, G. L. (2010). Comparison of views of the nature of science between natural science and nonscience majors. CBE-Life Sciences Education, 9, 45-54.

Höttecke, D. (2006). Studierende und die Natur der Naturwissenschaften. In: Pitton, A. (Hrsg.), Lehren und Lernen mit neuen Medien. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik 2005 in Paderborn (S. 287-289). Berlin: Lit-Verlag.

Kampourakis, K. (2018). Science and uncertainty. Science & Education, 27, 829-830.

Lamnek, S. (2010). Qualitative Sozialforschung (5., überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In: McComas, W. F. (Hrsg.), The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies (S. 83-126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Lederman, N. G., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners´ Conceptions of the Nature of Science. Journal of Research on Science Teaching, 39(6), 497-521.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Mesci, G. & Schwartz, R. S. (2017). Changing preservice Teachers´ views of nature of science: Why some conceptions may be more easily altered than others. Res Sci Educ, 47, 329-351.

Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2019). Resistente Vorstellungen von Lehramtskandidaten über Nature of Science. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 58). Universität Regensburg

Schaer, M. (1991). Einführung in den Modellbegriff im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In Wiebel, K. H. (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie GDCP-Tagung, Weingarten, 1990. (S. 183–185). Alsbach: Leuchtturm.

Rebekka Roetger Universität Kassel
Rita Wodzinski

Vorstellungsänderung von Studierenden zu Nature of Science

Aufgabe naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, Vorstellungen über die Naturwissenschaften und insbesondere auch Vorstellungen über die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu vermitteln und weiterzuentwickeln. So gehört gemäß der Bildungsstandards die Auseinandersetzung mit den „spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen“ zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (KMK, 2005, S.6). Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen werden nicht nur explizit, sondern auch implizit im Unterricht geprägt (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017). Eine besondere Schwierigkeit stellt in diesem Kontext die Mehrdeutigkeit des Begriffs der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen dar. Aus einer Nature of Science (NoS) Perspektive beschreiben naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie Naturwissenschaftler in der Forschung vorgehen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Aus einer fachdidaktischen Perspektive sind naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, wie z.B. das Beobachten oder Vermuten, Methoden, über die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen, um selbst zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Darüber hinaus bezeichnen die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen wie das Experimentieren aber auch didaktische Methoden, um Erkenntnisse zu vermitteln. Dass Lehrkräfte insbesondere das Experimentieren eher als Unterrichtsmethode und weniger als Arbeitsweise in der aktuellen Forschung betrachten, konnte in einer Studie von Gyllenpalm und Wickmann (2011) gezeigt werden. Wenn im naturwissenschaftlichen Unterricht aber zwischen dem schulischen Experimentieren und dem wissenschaftlichen Forschungsprozess nicht ausreichend differenziert wird, kann ein verzerrtes Bild der Naturwissenschaften entstehen. Verschiedene Studien zeigen darüber hinaus, dass (angehende) Lehrkräfte meist inkonsistente Vorstellungen zu NoS besitzen (Metaanalyse von Deng et al., 2011; Höttecke & Rieß, 2007; Gyllenpalm & Wickmann, 2011; Hodson, 2009; McComas, 1998).
Eine Möglichkeit, um Studierende für die Thematik zu sensibilisieren, ist eine gezielte Begegnung mit moderner naturwissenschaftlicher Forschung. Im Rahmen des Projekts „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ wurde deshalb eine Lernumgebung konzipiert, die Physiklehramtsstudierenden einen authentischen Einblick in die Arbeitsweisen der aktuellen Forschung ermöglicht. In der Begleitstudie wird unter anderem untersucht, inwiefern die Begegnung mit aktueller physikalischer Forschung die Vorstellungen der Studierenden zu NoS, insbesondere zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, verändert. (Zum Seminarkonzept und zur Anlage des Projekts siehe Roetger & Wodzinski, 2018a und Roetger & Wodzinski, 2018b)

Methodisches Vorgehen
Um die Veränderungen der Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen möglichst umfassend abbilden zu können, werden verschiedene Instrumente eingesetzt: Unter anderem wird mit den Studierenden im Prä-Post-Design ein leitfadengestütztes Interview durchgeführt, das in einem Interviewteil die Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen erfasst. Ziel ist es, zu klären, inwieweit die Vorstellungen zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen von schulischen Perspektiven geprägt sind und wie sich dies durch das Seminar verändert. Dazu wird den Studierenden eine Auswahl an sieben naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (*beobachten, vermuten, prüfen, modellieren, experimentieren, kommunizieren und diskutieren*), die typischerweise in der Didaktik oder im Unterricht thematisiert werden, vorgelegt. Die Studierenden werden gefragt, inwiefern sie der Meinung sind, dass diese naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in der aktuellen natur-

wissenschaftlichen Forschung eine Rolle spielen und was sie sich unter den einzelnen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen vorstellen. Erwartet wird, dass die Vorstellungen zu Beginn des Semesters wesentlich von didaktischen und schulischen Kontexten geprägt sein werden. Zudem wird erwartet, dass durch die authentische Begegnung mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen von den Studierenden stärker als Elemente des realen Forschungsprozesses erkannt werden.
Die Antworten zu diesem Interviewausschnitt wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) in zwei Schritten ausgewertet: Im ersten Schritt (inhaltliche Strukturierung) werden Aussagen, in denen eine Arbeitsweise angesprochen wird, der jeweiligen Arbeitsweise zugeordnet. Werden mehrere Arbeitsweisen in einem Satz angesprochen, wird der Satz mehrfach kodiert. In einem zweiten Schritt (induktive Kategorienbildung) wird für jede naturwissenschaftliche Arbeitsweise ein induktives Kategoriensystem erstellt. Hierzu werden die Aussagen zu den einzelnen Arbeitsweisen paraphrasiert und themenbezogen zusammengefasst. Tabelle 1 zeigt ein Beispiel einer Kategorie für die naturwissenschaftliche Arbeitsweise *beobachten*.

Tabelle 1: Beispiel einer Kategorie zur naturwissenschaftlichen Arbeitsweise „beobachten".

Kategorie	**Regel**	**Ankerbeispiel**
Beobachten ist Teil des Experimentierens.	In der Aussage wird deutlich, dass das Beobachten Teil des Experimentierprozesses ist oder dem Experimentieren zugeordnet wird.	„Beim Experimentieren wird beobachtet, […]." – P04a „Und beim Experimentieren machen sie verschiedene Beobachtungen, […]." – P20b

Untersuchung der Wirkung der Lernumgebung
Um die Wirkung der Lernumgebung auf die Vorstellungen der Studierenden zu NoS zu untersuchen, werden die herausgearbeiteten Vorstellungen der Studierenden zu den verschiedenen Arbeitsweisen auf zwei Ebenen analysiert: Auf einer globalen Ebene wird untersucht, inwiefern sich das Antwortverhalten der Studierenden im Prä-Post-Vergleich insgesamt verändert hat und ob es besondere Veränderungen in der Belegung der Kategorien gibt. Eine weitere Auswertung der Vorstellungsänderungen findet auf individueller Ebene statt. Dazu werden die Aussagen darauf untersucht, inwiefern sich Vorstellungsänderungen zu den einzelnen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen identifizieren lassen. Die möglichen Änderungen auf der individuellen Ebene werden dabei wie folgt kategorisiert:

- Eine **deutliche Veränderung** der Vorstellung liegt vor, wenn im Post-Interview der Versuch einer begrifflichen Klärung oder Präzisierung zur naturwissenschaftlichen Arbeitsweise zu erkennen ist.
- Eine (erkennbare, aber nicht deutliche) **Veränderung** liegt vor, wenn Vorstellungen, die sich eher einem alltagsnahen Verständnis oder einem schulähnlichem oder didaktischen Kontext zuordnen lassen, nicht wieder im Post-Interview erwähnt werden oder wenn im Post-Interview konkrete Vorstellungen genannt werden, die sich direkt aus dem Besuch in der Forschungsgruppe ableiten lassen.
- **Keine Veränderung** wird deutlich, wenn im Prä- und im Post-Interview identische Vorstellungen genannt werden.
- Wenn die Vorstellungen im Prä- und Post-Interview eher allgemeiner Natur sind oder im Prä- oder Post-Interview keine Vorstellungen zu der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise deutlich werden, ist **keine Aussage** möglich.

Ergebnisse
Die folgenden Ergebnisse basieren auf einer Stichprobe von N=23 Studierenden, die im

Sommersemester 2017 (N=17) und Wintersemser 2017/18 (N=6) am Seminar teilgenommen haben. Im Durchschnitt befanden sich die Studierenden im 7. Fachsemester.
In Tabelle 2 sind die verschiedenen Vorstellungsänderungen zu den einzelnen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen eingetragen.

Tab. 2: Darstellung der Vorstellungsänderung der Studierenden zu den einzelnen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen: ● deutliche Veränderung, • Veränderung, x *keine Veränderung.*

Naturwissenschaftliche Arbeitsweise	**Studierende**																						
	P06	P19	P15	P03	P04	P23	P11	P02	P05	P09	P20	P16	P17	P13	P07	P10	P18	P14	P21	P01	P08	P22	P12
beobachten	●	●	●	●	●	●	•					x			●				x				x
vermuten	●	●	•				•	●	●	●	●	●	●	•				x	•			•	
prüfen		●			•			x		•	x	x		x		•	•						
modellieren	•		•				x			x		x	x		x	x		•			●		
kommunizieren und diskutieren	•			•		x					•			x			•	•		•	•		

Bei den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen *beobachten* und *vermuten* ist bei 13 von 23 Studierenden mindestes eine deutliche Veränderung zu erkennen. Dies deutet darauf hin, dass die Studierenden zu diesen beiden naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nach dem Besuch des Seminars ein differenzierteres Bild gewonnen haben. Bei fünf der Studierenden wird z.B. erst im Post-Interview zum Ausdruck gebracht, dass das Beobachten das systematische Vergleichen von Eindrücken oder das gezielte/systematische Hinschauen ist. Kaum eine Änderung lässt sich bei den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen *prüfen* und *modellieren* identifizieren. Hier werden eher die gleichen Vorstellungen im Prä- und Post-Interview genannt. Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen *kommunizieren* und *diskutieren* wurden zusammengefasst, weil die Aussagen der Studierenden sich in den meisten Fällen auf beide Arbeitsweisen bezogen. Hierbei fällt besonders auf, dass die Studierenden das *Kommunizieren* und *Diskutieren* nach dem Besuch des Seminars als wichtige naturwissenschaftliche Tätigkeit bewusst wahrnehmen. Beispielsweise sagt ein Studierender (P09b): „Jedoch deutlich ist mir die Kommunikation in der Gruppe aufgefallen, [insbesondere beim Experimentieren]. Dies klappt nicht alleine und schon erst recht nicht ohne Kommunikation.“ Insgesamt wird bei 22 von 23 Studierenden bei mindestens einer naturwissenschaftlichen Arbeitsweise eine Vorstellungsänderung deutlich.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass der Aufenthalt in der Forschungsgruppe dazu beiträgt, ein differenzierteres Verständnis zu den verschiedenen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu entwickeln. Da die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu keinem Zeitpunkt im Seminar explizit thematisiert oder angesprochen wurden, lässt sich schlussfolgern, dass die Lernumgebung offenbar bereits implizit Reflexionsprozesse anregt. Die Auswertung der Wirkung der Lernumgebung auf Vorstellungen zu anderen Aspekten von NoS, steht noch aus.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Deng, F., Chen, D.-T., Tasi, C.-C. & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. In: Science Education, 2011, 95(6), S.961-99.

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.

Hodson, D. (2009). Teaching and Learning about Science: Language, Theories, Methods, History, Tradition and Values. Rotterdam: Sense Publishers.

Höttecke, D., Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. In: PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2007, 1/6, S.1-14.

Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. In: Science Education, 95(5), S.908-926.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim: Beltz.

McComas, W.F. (1998). The principal elements of nature of science: dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed.) (pp. 53-70), The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Roetger, R. & Wodzinski, R. (2018a). Wie arbeiten Naturwissenschaftler wirklich? In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 110-112). Universität Regensburg.

Roetger, R. & Wodzinski, R. (2018b). Naturwissenschaftliches Arbeiten in Forschung und Physikunterricht. In Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.). Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann, S. 93-105.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.). (2005). Bildungsstandards für das Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer.

Volker Woest
Philipp Engelmann
Clemens Hoffmann
Theresa Jünger
Marcel Simon

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik

Die Forderung nach einer Verstärkung der Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht wird immer wieder in den bildungspolitischen Diskurs um eine naturwissenschaftliche Allgemeinbildung eingebracht. Dieser führte in den vergangenen Jahren in vielen Bundesländern zur Implementierung von naturwissenschaftlichen Verbundfächern in den Jahrgangsstufen 5 und 6, in denen die Konzepte und Methoden der drei Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie und Physik wechselseitig aufeinander bezogen werden. In Thüringen wurde 2009 dazu das Fach *Mensch-Natur-Technik* (MNT) und seit 2013 das Wahlpflichtfach *Naturwissenschaften und Technik* (NWuT) eingeführt. Das Symposium diskutiert die Maßnahmen zur Qualifizierung (angehender) Lehrkräfte für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht (FNU) sowie die Weiterentwicklung der getroffenen Maßnahmen.

Professionalisierung der Jenaer Lehrerbildung (ProfJL)
Die Etablierung einer adäquaten Fort- bzw. Weiterbildungsstruktur für integrierte Naturwissenschaftsfächer in Thüringen durch die Friedrich-Schiller-Universität Jena erfolgt im Rahmen des durch die Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Projektes *Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (ProfJL). Kernziel von ProfJL ist die Stärkung einer reflexiven Lehrerbildungskultur von Anfang an, bei der (künftige) Lehrkräfte eine professionelle Handlungskompetenz entwickeln und Fort- und Weiterbildungen als stetige, berufsbegleitende Aufgabe begreifen. Die Verknüpfung von deklarativem und prozeduralem Wissen und Können bildet die übergeordnete Leitlinie des Projektes. Diese hat an der Friedrich-Schiller-Universität mit der Einführung eines Praxissemesters im Jahr 2007 und der damit einhergehenden Integration von Praxisphasen in den Studienverlauf eine lange Tradition. ProfJL bildet somit eine lehrerbildungsphasen- und disziplinübergreifende (Fach, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften) Struktur ab (siehe Abb. 1).

<table>
<tr><td colspan="3">Netz 1:
Forschungs- und Doktorandenkolleg</td></tr>
<tr><td colspan="3">Netz 2:
Prozessteuerung der Implementation</td></tr>
<tr><td>(1) Grenzüberschreitende Lernumgebungen</td><td>(2) Internationalisierung</td><td>(3) Heterogenität/ Inklusion</td></tr>
<tr><td>Teilprojekt 1:
Naturwissenschaften integrativ</td><td>Teilprojekt 5:
Praxissemester im Ausland</td><td>Teilprojekt 6:
Sprache im Fachunterricht</td></tr>
<tr><td>Teilprojekt 2:
Kooperationsseminare</td><td rowspan="3"></td><td>Teilprojekt 7:
Fit für Inklusion</td></tr>
<tr><td>Teilprojekt 3:
Vorbereitungsmodule in den Bildungswissenschaften</td><td>Teilprojekt 8:
Medien im Mathematikunterricht</td></tr>
<tr><td>Teilprojekt 4:
Ausbildung der Ausbilder</td></tr>
</table>

Abbildung 1: Struktur von ProfJL.

Das hier vorgestellte Teilprojekt der Chemiedidaktik bearbeitet im Rahmen des Boundary Crossings das Feld des fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts. Infolge der Einführung der integrierten Fächer MNT und NWuT wurden Aus- sowie Weiterbildungsangebote für die 1. und 3. Phase der Lehrerbildung entwickelt und wissenschaftlich begleitet. Durch diese Maßnahmen werden Lehrkräfte und Lehramtsstudierende darauf vorbereitet, integrierte Fächer fachlich qualifiziert und fachdidaktisch kompetent zu unterrichten. Dabei werden Basiskonzepte, Methoden und Bildungsstandards der drei Naturwissenschaften miteinander verknüpft.

Das Projekt baut diesbezüglich auf wichtigen Vorarbeiten auf. So konnten durch die Chemiedidaktik Jena seit 2008 erste curriculare Bausteine für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften entwickelt und erprobt werden (Grasser & Woest, 2008; Woest, Grasser & Teuscher, 2008; Grasser & Woest, 2010; Busch & Woest, 2014; Busch & Woest, 2016), eine Kooperationsstruktur mit den Fachdidaktiken der Biologie und Physik vereinbart sowie ein Schulnetzwerk für die Unterstützung fachdidaktischer Entwicklungsarbeiten aufgebaut werden.

Zur nachhaltigen Implementation und Weiterentwicklung dieser Konzepte werden die Ergebnisse der ersten Förderphase (2015-2018) in einer zweiten Phase (2019-2023) in einer Lernwerkstatt (Learning-to-Teach Lab: Science) zusammengeführt und durch eine verstärkte Kooperation aus Fach und Fachdidaktik profiliert.

Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht in der Diskussion

Die Diskussion um fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere als eigenständiges Unterrichtsfach, hat in der fachdidaktischen Diskussion eine Reihe an Problemfeldern lokalisiert, die je nach Argumentation entweder eine Weiterentwicklung der gegenwärtigen Praxis erfordern oder die Implementation solcher Fächer grundsätzlich infrage stellen. So sieht Labudde (2014) die Stärken eines fächerübergreifenden Unterrichts in der Förderung *von wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen* und nennt die Sichtbarmachung der Chancen und Grenzen der einzelnen Disziplinen als wichtigen Beitrag. Daneben wird die Notwendigkeit der fächerübergreifenden Bearbeitung *epochaltypischer Schlüsselprobleme* beschrieben, wie sie als Gegenstand einer gegenwarts- und zukunftsorientierten Bildung von Klafki (2007, S. 56–60) genannt werden.

Hinsichtlich der Wirkung fächerübergreifenden Unterrichts in einem eigenständigen Fach sehen Jürgensen und Schieber (2001) jedoch die Gefahr einer lediglich feuilletonistischen, episodenhaften Sicht auf die traditionellen Domänen. Weitere Gegenargumente zielen auf die fachliche Eignung der Lehrkräfte ab, die durch ihre Fächersozialisation determiniert sind (Kremer & Stäudel, 1997; Busch & Woest, 2016) und dazu neigen im fächerübergreifenden Unterricht fachfremde Aspekte zu meiden (Dörges, 2001). Es wird davon ausgegangen, dass fachfremd unterrichtende Lehrkräfte v. a. in den höheren Jahrgangsstufen einen geringeren Überblick über die jeweiligen fachlichen Perspektiven haben (Jürgensen & Schieber, 2001).

Auch das Angebot von Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen wird u. a. durch Grasser (2010, S. 191), Dörges (2001) sowie Busch & Woest (2016) als nicht zufriedenstellend beurteilt. Diese weisen darüber hinaus wie Bröll & Friedrich (2012) auf eine Lücke zwischen der universitären Lehramtsausbildung und den fachlichen sowie fachdidaktischen Anforderungen hin, die ein fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht an Lehrpersonen stellt. Schecker et al. (1996) argumentieren auf dieser Ebene globaler und lehnen ein Schulfach für Naturwissenschaft(en) ab. Sie erkennen zwar die Notwendigkeit fächerübergreifenden Arbeitens, sehen jedoch durch die äußere Fachintegration der drei Naturwissenschaften eine

unterrichtsorganisatorische (formale) Scheinlösung, die die Weiterentwicklung der schulischen Fachdisziplinen hemmt.

Seit dem Beginn der intensiven fachdidaktischen Diskussion um fächerübergreifende Konzepte in den 1960er Jahren wurden verschiedene Organisationsformen und Verständnisse dieses Unterrichts ausformuliert. Eine Übersicht geben Labudde (2014) sowie Rehm et al. (2008). Für die Arbeit im Projekt ProfJL wird FNU als ein kontextorientierter Unterricht verstanden (siehe dazu bspw. Nentwig, Demuth, Parchmann, Gräsel und Ralle (2007) mit *Chemie im Kontext*). Der entsprechende Kontext wird im fächerübergreifenden Setting durch Basiskonzepte[1] inhaltlich strukturiert, die wiederkehrende Erklärungsmuster oder Modellvorstellungen bereitstellen. Auf diese Weise ergibt sich für die jeweilige Naturwissenschaft eine vertikale Vernetzung (siehe Abb. 2). Die Fachdomänen stehen in diesem Konzeptverständnis in einem sich ergänzenden Verhältnis (horizontale Vernetzung), ohne dabei ihre fachimmanenten Strukturen aufzugeben.

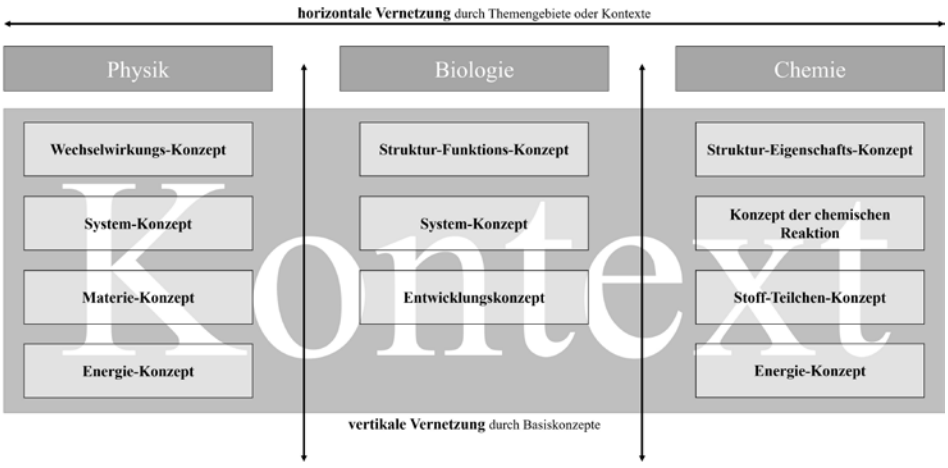


Abbildung 2: Konzeptverständnis des fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts.

Beiträge in diesem Symposium

Das Symposium stellt ausgewählte Befunde der chemiedidaktischen Arbeiten im QLB-Projekt der Friedrich-Schiller-Universität Jena vor und diskutiert diese unter fachlichen wie lernpsychologischen Gesichtspunkten.

Philipp Engelmann und Clemens Hoffmann stellen die inhaltlichen Arbeiten ihrer entwickelten Ausbildungs- und Weiterbildungsmodule für einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht vor und diskutieren Ergebnisse der begleitenden Evaluation. Theresa Jünger zeigt am Beispiel der Chemie der Drogen auf, wie in enger Zusammenarbeit von Fach, Fachdidaktik und Industrie attraktive Materialien für die Aus- und Weiterbildung von naturwissenschaftlichen Lehrkräften entwickelt werden können. Marcel Simon stellt seine Arbeiten zur Theorie-Praxis-Verknüpfung für die 1. Phase der Lehrerausbildung vor, indem er das bestehende Schülerlabor in ein Lehr-Lern-Labor weiterentwickelt.

[1] Es sei erwähnt, dass der hier dargestellte Satz an Basiskonzepten den Bildungsstandards für Naturwissenschaften folgt und fachdidaktisch weiterhin zu hinterfragen und auszudifferenzieren ist.

Literatur

Bröll, L. & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht. MNU, 65 (3), 180−186.

Busch, M. & Woest, V. (2014). Fächerübergreifenden NaWi-Unterricht - Potenzial und Grenzen aus Lehrerperspektive. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 423–425). Kiel: IPN.

Busch, M. & Woest, V. (2016). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Empirische Befunde zur Lehrerperspektive. MNU, 69 (4), 269–277.

Dörges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU, 54 (4), S. 230–232.

Grasser, A. (2010). Integrierte Naturwissenschaft. Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Projektunterrichts. Dissertation, Jena: Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Grasser, A. & Woest, V. (2008). LEONARDO-PROJEKT-JENA. Anfangsunterricht Naturwissenschaft. In D. Höttecke (Hrsg.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung (S. 98–100). Berlin: LIT-Verlag.

Grasser, A. & Woest, V. (2010). Naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht in Thüringen – Konzeption, Akzeptanz, Interessen- und Kompetenzentwicklung. In D. Höttecke (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik (S. 293–295). Berlin: LIT-Verlag.

Jürgensen, F. & Schieber, M. (2001). Zur Beliebtheit eines integrierten Fachs Naturwissenschaften. Bericht aus der Praxis. MNU, 54 (8), S. 489–496.

Klafki, W. (2007). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim und Basel: 6. Auflage, Beltz.

Kremer, A. & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland – Eine vorläufige Bilanz –. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 52–66.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Dimensionen, Fakten. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20 (1), S. 11-19.

Nentwig, P., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C. & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. Journal of Chemical Education, 84 (9), 1439–1444. doi:10.1021/ed084p1439

Rehm, M., Bünder, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D. et al. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 99–124.

Schecker, H., Bethge, T., Breuer, E., Dwingelo-Lütten, R.v., Graf, H.-U., Gropengießer, I. & Langensiepen, B. (1996). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext allgemeiner Bildung. MNU, 49 (8), S. 488–492.

Woest, V., Grasser, A. & Teuscher, J.-M. (2008). Frühzeitig mit Chemie beginnen. Ein Schulnetzprojekt in Thüringen. In D. Höttecke (Hrsg.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung (S. 89–91). Berlin: LIT-Verlag.

Philipp Engelmann
Clemens Hoffmann
Volker Woest

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Naturwissenschaften integrativ – Ergebnisse eines Entwicklungsprojekts

Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht

Fächerübergreifender Naturwissenschaftlicher Unterricht (kurz FNU) steht bereits seit vielen Jahren in der fachdidaktischen Diskussion (z. B. Kremer & Stäudel, 1997; Dörges, 2001; Fruböse et al., 2011; Küster, 2014). Diese konnte zentrale Herausforderungen identifizieren, die bei der Konstruktion eines adäquaten Unterstützungssystems strukturgebend sind. Im Zentrum steht dabei die Situation eines fachfremden Unterrichts, mit dem (angehende) Lehrkräfte im integrierten Unterricht konfrontiert werden. Es lassen sich vier Dimensionen ableiten:

- *Motivation*: erhöhter Zeit- und Arbeitsaufwand
- *Koordination*: schulorganisatorische Hürden
- *Interpretation*: Charakteristik der Fächer und Lehrpläne
- *Konstruktion*: Mangel an geeigneten Unterrichtsmaterialien

Unter Berücksichtigung dieser Dimensionen werden im Beitrag das im Rahmen des Projekts ProfJL entwickelte Aus- und Fortbildungskonzept vorgestellt.

Ergebnisse aus der Modulentwicklung

Für die erste Phase der Lehrerbildung wurde ein Modul entwickelt, das sich neben der Dimension der Interpretation vorranging der Motivation für fächerübergreifendes Arbeiten zuwendet. Dies stellt einen wichtigen Ansatzpunkt bei der Modulentwicklung dar, da Lehramtsstudierende noch nicht auf umfassende Erfahrung in der eigenen Unterrichtsgestaltung zurückgreifen können und damit eventuelle Unterschiede in der Zeit- und Arbeitsbelastung für sie nicht so präsent sind wie bspw. die Orientierung an den eigenen Fachdisziplinen und die Identifikation mit einem disziplinübergreifenden Unterrichtsfach. Ausgehend von den Arbeiten von Grasser (2010) und Busch (2016) wurde ein Ausbildungsmodul entwickelt, das sich an Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik richtet. Damit wurde neben der Kooperation der jeweiligen Fachdidaktiken auch in den Seminareinheiten eine Zusammenarbeit über die Fachgrenzen hinaus ermöglicht. Das bildete einen geeigneten Rahmen, um praxisorientierte Erfahrungen an exemplarischen Themen zu ermöglichen, die besonderen Ansprüche und Potentiale eines FNU kennenzulernen und so eine entsprechende Motivation für fächerübergreifendes Unterrichten zu entwickeln. Inhaltlich wurde das Modul durch die Auseinandersetzung mit den Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften strukturiert, was dazu führte das die eigene mit den anderen Fachdisziplinen verglichen und Vernetzungspunkte identifiziert wurden. Die Themen der einzelnen Sitzungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Kurzdarstellung der Modulinhalte.

Formen und Facetten des FNU	Laborpraktikum in den Fachdisziplinen
FNU in der Diskussion	Austausch mit erfahrenen Lehrkräften
Basiskonzepte der Naturwissenschaften	Diskussion von Beispielmaterialien
Naturwissensch. Denk- und Arbeitsweisen	Konzeption von Unterrichtsmaterial
Exklusionen zu Forschungsinstituten	Transfer der Inhalte und Evaluation

Die Modulentwicklung wurde wissenschaftliche begleitet. Zur Einschätzung der Wirkungen der Seminarreihe wurden die Überzeugungen (Törner, 2005) der Lehramtsstudierenden betrachtet. Genauer wurden die Überzeugungen zum Lehren und Lernen (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2011) in Bezug auf FNU untersucht und mithilfe einer vierstufigen Likert-Skala (16 Items) erhoben. Mithilfe des Wilcoxon-Tests und des Mann-Whitney-U-Test wurden Prä-Post- sowie Gruppenvergleiche durchgeführt. Dabei zeigte die Teilnahme an der Seminarreihe (N = 70) eine schwach positive, wenn auch nicht signifikante Veränderungen in den Überzeugungen. Das ist sicher darauf zurückzuführen, dass Überzeugungen als Konstrukt leichter veränderbar als Wertsysteme aber dennoch stabiler als Affektionen sind (Phillipp, 2007) und über eine Interventionszeit von zehn Wochen eventuell noch nicht messbar verändert werden konnten. Betrachtet man die Teilnehmenden vergleichend in Gruppen, kann man aber feststellen, dass sich die Gruppenunterschiede (angegeben als Effektstärke r) über die Seminarreihe hinweg verringern. Das ist am Beispiel der Variablen Biologie in der Fächerkombination, Hospitationserfahrung und Unterrichtserfahrung in Abbildung 1 gezeigt. Daraus lässt sich ableiten, dass sich die Überzeugungen durch die kooperative Gestaltung des Moduls positiv angleichen. Dies hängt eventuell damit zusammen, dass Potentiale eines FNU erkannt und mögliche Vernetzungspunkte identifiziert werden. Dass ein Maximalwert von ca. r = 3,0 nicht überschritten wird kann damit erklärt werden, dass FNU eine wertvolle Ergänzung zum Unterricht in den Fachdisziplinen darstellt, diesen aber nicht ersetzen kann. Diese Überzeugung wird auch von den Studierenden geteilt.

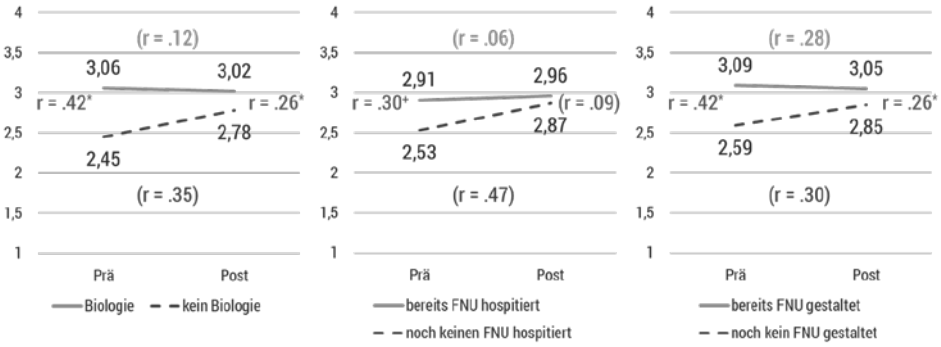


*Abbildung 1: Überzeugungen zum Lehren und Lernen im FNU im Gruppen- und Prä-Post-Vergleich, Auswahl (N = 70, signifikante Unterschiede sind durch * oder + gekennzeichnet).*

Ergebnisse der Konstruktion des Fortbildungskonzepts

Für die Entwicklung einer Weiterbildungsstruktur wurde das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) gewählt. Für eine ausführliche Darstellung der hier durchgeführten Rekonstruktion sei auf Engelmann (2019) verwiesen. Über eine Interviewstudie, die mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) ausgewertet wurde, wurden 11 Thüringer Lehrkräfte nach ihren Vorstellungen zum und Herausforderungen im fächerübergreifenden Unterricht befragt. Außerdem wurde die Frage nach Merkmalen einer adäquaten Fortbildung sowie nach Merkmalen von gewünschten Begleitmaterialien gestellt. Insgesamt decken sich die genannten Herausforderungen mit den oben genannten vier Dimensionen. Die Fortbildung selbst sollte als zertifizierter Weiterbildungsstudiengang gestaltet sein und den Fokus auf Kontexte bzw. Inhalte und deren didaktische Strukturierung legen. Insbesondere der Wunsch nach neuen Fachinhalten mit experimentellen Umsetzungsmöglichkeiten wurde hier genannt.

Diese Ergebnisse wurden mit naturwissenschaftsdidaktischen Grundlagen über Merkmale wirksamer Fortbildungen (z. B. Lipowsky, 2010; Desimone, 2009), dem im Klammerbeitrag genannten Konzeptverständnis des fächerübergreifenden Unterrichts sowie insbesondere der Sachstruktur der Fortbildungsinhalte in Beziehung gesetzt. Die inhaltliche Gestaltung der Fortbildung (siehe Tabelle 2) verfolgt dabei einen exemplarischen Ansatz, bei dem naturwissenschaftliche *Kontexte* nach einer Elementarisierung durch *Basiskonzepte*, *naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen* sowie *Schulexperimente* rekonstruiert werden.

Tabelle 2: Kurzdarstellung der Fortbildungsreihe.

Nr.	Themenfeld	ausgewiesene Leitlinien
1	Didaktik der Naturwissenschaften	Basiskonzepte, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen
2	Bionik	Kontextorientierung, methodischer Fokus auf Lernzirkel, Modellbildung
3	Arzneimittel	Alltagsorientierung, Struktur-Eigenschafts-Konzept, chemische Arbeitsweisen
4	Wasser-Boden-Luft	Stoff-Teilchen-Konzept, Schülervorstellungen
5	Regenerative Kraftstoffe	Kontextorientierung, Interdisziplinarität
6	Kohlenstoffnanomaterialien	Forschungsorientierung, Struktur-Eigenschafts-Konzept
7	Wunschthema	Naturwissenschaften im Alltag, Inklusion

Ausgehend von einer Einführungsveranstaltung werden an ausgewählten Inhalten didaktische Strukturierungen mit den Lehrkräften diskutiert. Beispielsweise wird den Lehrkräften in einem fachlichen Input beim Thema Arzneimittel die Wirkungsweise von Penicillin als Antibiotikum auf Strukturebene aufgezeigt[1]. Als das Elementare lässt sich hier das Struktur-Eigenschaft-Konzept heranziehen, das die Blockierung des Enzyms durch die strukturelle Ähnlichkeit von Penicillin und Alanylalanin beschreibt.

Die Konstruktion der Fortbildungsreihe wurde umrahmt durch einen iterativen Prozess aus Erprobungen und Begleitevaluation. Die Evaluation orientierte sich am CIPP-Modell für die Programmevaluation (Stufflebeam, 2003). Dabei wurde insbesondere der Aspekt der Teilnehmerzufriedenheit als erste Wirksamkeitsstufe von Fortbildungsmaßnahmen fokussiert sowie die Passung der Fortbildungsinhalte zum eigenen Unterricht untersucht.

Ausblick

Die hier dargestellten Entwicklungsarbeiten stellen Möglichkeiten zur Gestaltung eines Unterstützungssystems für (angehende) Lehrkräfte im fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht dar. Sie können ein Studium in den jeweiligen Fachdisziplinen nicht ersetzen, thematisieren jedoch die Herausforderungen des fachfremden Unterrichtens, machen sie greifbar und schaffen Zugangspunkte. Sowohl das Aus- als auch das Fortbildungskonzept wurden in die Jenaer Lehrerbildung implementiert und werden durch das Folgeprojekt PROFJL[2] weiterentwickelt.

[1] Beim Zellwandaufbau gram-positiver Bakterien erfolgt die Quervernetzung einzelner Zuckerpolymere durch die Reaktion von Alanylalanin mit Glycin. Diese Reaktion wird durch das Enzym D-Alanin-Transpeptidase katalysiert. Penicilline können an das aktive Zentrum dieses Enzyms binden es damit blockieren.

Literatur

Busch, M. (2016). Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Kompetenzförderung, Interessenentwicklung, Wahlmotive und Lehrerperspektive. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Desimone, L.M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. Educational Researcher, 38 (3), 181–199. doi:10.3102/0013189X08331140

Dörges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU, 54 (4), 230–232.

Engelmann, P. (2019). Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Lehrerfortbildung. Eine didaktische Rekonstruktion (Dissertation). Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena.

Fruböse, C., Illgen, J., Kohm, L. & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. MNU, 64 (7), 433–439.

Grasser, A. (2010). Integrierte Naturwissenschaft. Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Projektunterrichts. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU).

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3–18.

Kremer, A. & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland – Eine vorläufige Bilanz –. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 52–66.

Küster, J.M. (2014). Integrierter Naturwissenschaftlicher Unterricht. MNU, 67 (2), 109–112.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung (S. 51–72). Münster: Waxmann.

Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt. Zugriff am 02.08.2019. Verfügbar unter https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173.

Philipp, R.A. (2007). Mathematics Teachers' Beliefs and Affect. In F. K. Lester (Ed.), Second handbook of research on mathematics teaching and learning. A project of the National Council of Teachers of Mathematics (pp. 257–315). Charlotte, NC: Information Age Pub.

Stufflebeam, D.L. (2003). The CIPP model for evaluation. In T. Kellaghan & D.L. Stufflebeam (Hrsg.), International Handbook of Educational Evaluation (S. 31–62). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-010-0309-4_4

Törner, G. (2005). Epistemologische Beliefs. State-of-the-Art-Bemerkungen zu einem aktuellen mathematikdidaktischen Forschungsthema vor dem Hintergrund der Schraw-Olafson-Debatte. In H.-W. Henn & G. Kaiser (eds.), Mathematikunterricht im Spannungsfeld von Evolution und Evaluation. Festschrift für Werner Blum (S. 308–323). Hildesheim: Div-Verl. Franzbecker.

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 235–257). Münster: Waxmann.

Theresa Jünger
Volker Woest
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Komplexe organische Stoffklassen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Thematik „Drogen im Chemieunterricht“ spielt in der fachdidaktischen Landschaft bereits seit langem eine wichtige Rolle. Auch zu der Stoffklasse der Amphetamine finden sich zahlreiche Beiträge in fachdidaktischen Zeitschriften (Kovar, Rösch, Rupp & Hermle 1990; Flintjer 1996; Wenzl 1997a; Wenzl 1997b; Wagner, 2000). Dabei werden jedoch keine methodischen Umsetzungsmöglichkeiten bezüglich der Substanzklasse der Amphetamine für den Chemieunterricht dargeboten. Auch die Lehrpläne liefern keine Tiefenstruktur bezüglich organischer Drogen-Substanzklassen.
Im Folgenden wird eine curriculare Entwicklungsarbeit für die Sekundarstufe II vorgestellt, die diese Aspekte berücksichtigt. Das entwickelte Lernset wurde in Chemielehrerfortbildungen und universitären Lehrveranstaltungen mehrfach erprobt und evaluiert.

Die Stoffklasse der Amphetamine
Der Markt für Amphetamine expandiert weltweit seit mehreren Jahren (UNODC 2017). Auch in Deutschland sind die synthetischen Drogen weiterhin auf dem Vormarsch und ein Anstieg der sichergestellten Menge von Methamphetamin, Amphetamin und Ecstasy (mit dem Wirkstoff 3,4-Methylendioxy-*N*-methylamphetamin, kurz: MDMA) sind zu verzeichnen (Die Drogenbeauftragte der Bundesregierung 2016-2018; BKA 2018).

Deutschland ist in erheblichem Maße an der Entwicklung der Drogen beteiligt gewesen. Amphetamin wurde das erste Mal im Jahr 1887 durch Lazar Edeleanu in Deutschland synthetisiert und nahm in den USA in Form des „Benzedrin-Inhalators“ ($_{DL}$-Amphetamin) erheblichen Einfluss im medizinischen Bereich (Iversen 2009). Im Jahre 1912 entdeckte das deutsche Pharmaunternehmen Merck die Substanz MDMA (Trachsel, Lehmann & Enzensperger 2013). Die deutschen Temmler-Werke stellten das bereits bekannte Methamphetamin großtechnisch her und vermarkteten es als „Pervitin“ in Form der „Panzerschokolade“ an Luftwaffe, Marine und Bodentruppen während des Zweiten Weltkriegs. Als Volksdroge und Allheilmittel wurde es zur Behandlung von Adipositas, Erkältungssymptomen, psychischen Erkrankungen u. v. m. verabreicht (Ohler 2015).

Die drei Substanzen interagieren mit dem Zentralnervensystem und rufen dort eine Ausschüttung von Neurotransmittern hervor. Der Konsum der Weckamine Amphetamin und Methamphetamin bewirkt eine Ausschüttung von Dopamin und Noradrenalin und hemmt die Wiederaufnahme der Neurotransmitter in die Präsynapse. Der Konsum von MDMA als Entaktogen und Empathogen bewirkt eine zusätzliche Freisetzung des Neurotransmitters Serotonin und hemmt ebenfalls die Wiederaufnahme aller drei Botenstoffe in die präsynaptische Zelle (Geschwinde 2007; Iversen 2009).

Hinsichtlich der Herstellungsmöglichkeiten existieren seit Beginn des 20. Jahrhunderts zahlreiche Ansätze. Die durch Totalsynthesen erzeugten Substanzen Amphetamin und Metamphetamin können infolge bekannter organischer Namensreaktionen sowie verschiedenartiger Reduktionen produziert werden (Allen & Cantrell 1989). Eine geläufige Variante der racemischen Synthese von Amphetamin erfolgt über eine Henry-Reaktion (Nitroaldol-Reaktion). Ausgehend von Benzaldehyd und Nitroethan wird zunächst ein Nitroalken erzeugt, welches anschließend mittels elektrolytischer Reduktionsreaktion an einer Quecksilber-Kathode das

Amphetamin liefert. Die Reduktion kann ebenfalls über eine Hydrierung mit Wasserstoff und Nickel erfolgen (Gray 2007). Ein Syntheseweg, der zum racemischen Methamphetamin mittels reduktiver Aminierung führt, geht von 1-Phenylpropan-2-on aus. Durch die Umsetzung mit Methylamin in Anwesenheit von Ameisensäure bildet sich zunächst das *N*-Methyl-1-phenylpropan-2-imin, das im Anschluss reduziert wird (Allen & Cantrell 1989; Harnisch & Salthammer 2013). MDMA lässt sich beispielsweise über einen zweistufigen Syntheseweg aus dem Naturstoff Safrol herstellen. Safrol wird durch Bromwasserstoffsäure zu Monobromdihydrosafrol umgewandelt und führt im Anschluss durch Behandlung mit einer alkoholischen Methylamin-Lösung zu MDMA (Shulgin 1986; Weigle 1992; Shulgin & Shulgin 1995; Trachsel & Richard 2000).

Für die Substanzklasse der Amphetamine stehen Schnelltest-Verfahren in Form von kleinen Glasampullen der ESA-TEST GmbH Eisenach zur Verfügung, mit denen innerhalb weniger Sekunden bis Minuten eine sichere Substanzidentifizierung gewährleistet werden kann. Die Schnelltests basieren auf bekannten Reaktionen der organischen Chemie, bei denen unterschiedliche Verbindungen mittels gruppenspezifischer Farbreaktionen unterschieden werden können (Rothweil & Bader 2004).
Speziell für Amphetamine können das Marquis-Reagenz und das Simon´s Reagenz eingesetzt werden (U.S. Department of Justice 2000).
Bei der Umsetzung der Amphetamine mit dem Marquis-Reagenz, das aus konzentrierter Schwefelsäure und 40%iger Formaldehyd-Lösung besteht, ist das entstehende Carbenium-Ion die Ursache für die Farbe aufgrund des neugebildeten konjugierten Systems. Folgender Mechanismus läuft ab (Kovar & Laudszun 1989):

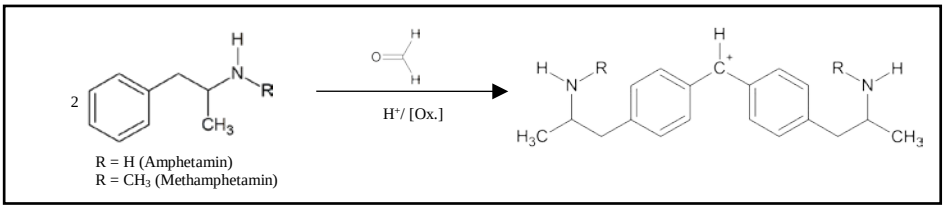


Abb. 1: Marquis-Reaktion

Während Amphetamin und Methamphetamin ein orange-rote bis rot-braune Farbreaktion infolge der Marquis-Reaktion erzeugen, entsteht bei MDMA ein dunkelvioletter bis schwarzer Farbumschlag (Johns, Wist & Najam 1979; United Nations 1994).

Um die sekundären Amine Methamphetamin und 3,4-Methylendioxy-*N*-methylamphetamin vom primären Amphetamin unterscheiden zu können, wird das Simon´s Reagenz eingesetzt. In Anwesenheit eines sekundären Amins kann eine blaue Farbreaktion infolge der Bildung des Simon-Awe-Komplexes beobachtet werden. Primäre Amine erzeugen einen rosa bis violetten Farbumschlag (Wiegrebe & Vilbig 1981; Kovar & Laudszun 1989; O´Neal, Crouch & Fatah 2000; Widdop 2011; Philp & Fu 2018).

Die Konstruktionsarbeit im Überblick

Im Rahmen der curricularen Konstruktionsarbeit wurden elf Stationen entwickelt, die die Stoffklasse der Amphetamine anhand bestimmter Kriterien mehrperspektivisch vermitteln. Sowohl fachlich relevante Inhalte wie Strukturen, geschichtliche Aspekte, die Wirkungen der Drogen, Organische Synthesereaktionen und organische Nachweisreaktionen sowie Reaktionsmechanismen werden thematisiert. Die Stationen sind theoriegeleitet, modellhaft, experimentell, digital, fächerübergreifend und praxisnah aufbereitet.

Tabelle 1: Ein Überblick über die Stationen des Lernsets

Stationen	Methodische Umsetzung
(1) Strukturen der Amphetamine	Molekülbaukasten
(2) Auf den Spuren der Amphetamine	spielerischer Zugang, fächerübergreifend
(3) Die Synthese von Phenethylamin und Amphetamin	theoriegeleitet
(4) Die Wirkungen von MDMA auf das ZNS	Kurzvideo
(5) Der Nachweis von Drogen mithilfe des Marquis-Reagenz	Experiment, praxisnah
(6) Der Nachweis von primären und sekundären Aminen	Experiment, digital
(7) Drogenhaltige Medikamente?!	LDE, fächerübergreifend
(8) Drogen-Quartett	Kartenspiel
(9) Nachweisbarkeit von LSD mit dem Ehrlich-Reagenz	Experiment
(10) Carbenium-Ionen als reaktive Zwischenstufen	Experiment
(11) Lautlose Tropfen	Erklärvideos, digital

Insbesondere die Nachweisreaktionen für die Amphetamine bieten dabei eine gute Möglichkeit, Reaktionsmechanismen im Oberstufenunterricht zu vertiefen. So können Carbenium-Ionen als Schlüsselstrukturen für prozessorientierte Betrachtungen organisch-chemischer Reaktionen verstanden werden, mit denen Schülerinnen und Schülern durch visuelle Farbeffekte die submikroskopische Ebene zugänglich gemacht wird (Schmitt, Wißner & Schween 2013; Graulich & Schween 2017). Im Rahmen der schulischen Gesundheitserziehung werden konkrete Inhalte bezüglich der Drogen (Stoffkenntnis, Vorkommen, Wirkungen) zusätzlich thematisiert (Drechsler-Köhler & Salzner 2007).

Erste Ergebnisse

Die Konstruktionsarbeit konnte bereits in zwei Lehrerfortbildungen und mehreren universitären Lehrveranstaltungen (N_{Ges} = 44) pilotiert werden.

- Die Einschätzung der Lehrkräfte bezüglich charakteristischer Merkmale erwies sich als sehr hoch. Auf einer Likert-Skala von 1 bis 5 (1 = trifft gar nicht zu; 5 = trifft voll zu) konnten ausgeprägte Charakteristika hinsichtlich des chemischen Fachbezugs (M = 4,61), des Fachwissens im Bereich Organische Chemie (M = 4,57), experimenteller Zugänge (M = 4,25) und der Gesundheitserziehung (M = 4,18) verzeichnet werden.
- Die Passfähigkeit der Inhalte der Konstruktionsarbeit wurde für die Klassenstufen 11/ 12 (Likert Skala 1 bis 4 (1 = stimmt nicht; 4 = stimmt genau) mit M = 3,40 (N = 44) bestätigt. Das Potential eines fächerübergreifenden Unterrichtseinsatzes wurde mit M = 3,31 als positiv eingeschätzt.
- Nahezu alle Lehrkräfte gaben an, dass sich die Thematik für Lehrerfortbildungen eignet (Likert-Skala 1 bis 4 (1 = stimmt nicht; 4 = stimmt genau) mit M = 3,75). Die meisten neu erlernten Informationen seitens der Lehrkräfte konnten im Bereich der Nachweismöglichkeiten (M = 3,73) konstatiert werden. Allerdings würde nur die gute Hälfte (M = 2,89) das Lernset im eigenen schulischen Unterricht realisieren.
- Freie Äußerungen stellen die Vielfalt methodischer Zugänge, die didaktische Aufbereitung sowie den hohen Praxisbezug positiv heraus. Kritisch wird insbesondere der fehlende Lehrplanbezug, damit einhergehend das Zeitmanagement und der Umgang mit besonderen Chemikalien betrachtet.

Als zukünftiges Ziel gilt es, die Thematik an Schülerinnen und Schüler der Oberstufe heranzutragen. Die Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik, das Einbinden des Expertenwissens von Lehrkräften sowie das Einbetten der Arbeit in die universitäre Lehre sind dabei wichtige Bausteine für die Weiterentwicklung und Optimierung des Materials.

Literatur

Allen, A., & Cantrell, T.S. (1989). Synthetic Reductions in Clandestine Amphetamine and Methamphetamine laboratories: A Review. Forensic Science International, 42, 183-199

Bundeskriminalamt (BKA) (2018). Rauschgiftkriminalität: Bundeslagebild 2017. Wiesbaden

Die Drogenbeauftragte der Bundesregierung (2016). Drogen- und Suchtbericht: Juni 2016. Berlin

Die Drogenbeauftragte der Bundesregierung (2017). Drogen- und Suchtbericht: Juli 2017. Berlin

Die Drogenbeauftragte der Bundesregierung (2018). Drogen- und Suchtbericht: Oktober 2018. Berlin

Drechsler-Köhler, B., & Salzner, J. (2007). Gesundheitserziehung: Ein Thema in Schule und Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 18 (102), 4-9

Flintjer, B. (1996). Designer-Drogen: Analytische und toxikologische Aspekte. Chemie konkret, 3 (3), 144-154

Geschwinde, T. (2007). Rauschdrogen: Marktformen und Wirkungsweisen. Berlin [u.a.]: Springer

Graulich, N., & Schween, D. (2017). Carbenium-Ionen - Schlüsselstrukturen für prozessorientierte Betrachtungen organisch-chemischer Reaktionen. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 66 (1), 24-28

Gray, D.L. (2007). Approved treatments for attention deficit hyperactivity disorder: amphetamine (Adderall®), methylphenidate (Ritalin®), and atomoxetine (Straterra®). In D.S. Johnson & J.J. Li (Eds.), The art of drug synthesis. Hoboken [u.a.]: Wiley, 241-259

Harnisch, F., & Salthammer, T. (2013). Ein Chemiker als Serienprotagonist: Die Chemie bei Breaking Bad. Chemie in unserer Zeit, 47 (4), 214-221

Iversen, L. (2009). Speed, Ecstasy, Ritalin: Amphetamine - Theorie und Praxis. Bern: Huber

Johns, S.H., Wist, A.A., & Najam, A.R. (1979). Spot Tests: A Color Chart Reference for Forensic Chemists. Journal of Forensic Sciences, 24 (3), 631-649

Kovar, K.-A., & Laudzun, M. (1989). Chemistry and Reaction Mechanism of Rapid Tests for Drugs of Abuse and Precursors Chemicals. In United Nations (Eds.), Scientific and Technical Notes. Tübingen, 1-19

Kovar, K.-A., Rösch, C., Rupp, A., & Hermle, L. (1990). Synthetische Suchtstoffe der 2. Generation (sog. Designer Drugs). Pharmazie in unserer Zeit, 19 (3), 99-107

Ohler, N. (2015). Der totale Rausch: Drogen im Dritten Reich. Köln: Kiepenheuer & Witsch

O´Neal, C.L., Crouch, D.J., & Fatah, A.A. (2000). Validation of twelve chemical spot tests for the detection of drugs of abuse. Forensic Science International, 109, 189-201

Philp, M., & Fu, S. (2018). A review of chemical `spot´ tests: A presumptive illicit drug identification technique. Drug Testing and Analysis, 10, 95-108, https://doi.org/10.1002/dta.2300

Rothweil, M., & Bader, H.J. (2004). Drogenanalytik: Schnelltests zur Analyse „klassischer" Rauschgifte. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 53 (5), 23-26

Schmitt, C., Wißner, O., & Schween, M. (2013). Carbenium-Ionen als reaktive Zwischenstufen: (Experimenteller) Zugang zu einem tiefergehenden Verständnis organischer Reaktionen. Chemie konkret, 20 (2), 59-65

Shulgin, A.T. (1986). The Background and Chemistry of MDMA. Journal of Psychoactive Drugs, 18 (4), 291-304

Shulgin, A. T., & Shulgin, A. (1995). PiHKAL - A Chemical Love Story. Berkeley: Transform Press

Trachsel, D., & Richard, N. (2000). Psychedelische Chemie. Solothurn: Nachtschatten

Trachsel, D., Lehmann, D., & Enzensperger, C. (2013). Phenethylamine: Von der Struktur zur Funktion. Solothurn: Nachtschatten

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) (2017). World Drug Report: Market Analysis of Synthetic Drugs: Amphetamine-type stimulants, new psychoactive substances. Vienna

United Nations International Drug Control Programme (UNODC) (1994). Rapid Testing Methods of Drugs of Abuse: Manual for Use by National Law Enforcement and Narcotics Laboratory Personnel. Vienna

U.S. Department of Justice (2000). Color Test Reagents/Kits for Preliminary Identification of Drugs of Abuse. Washington DC

Wagner, G. (2000). Chemie im Kopf - Das Thema illegale Drogen im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 11 (60), 4-10

Weigle, C. (1992). Allgemeine Bemerkungen zur Chemie und Pharmakologie von MDMA. In C. Weigle & R. Rippchen (Hrsg.), MDMA: Die psychoaktive Substanz für Therapie, Ritual und Rekreation. Löhrbach [u.a.]: Pieper´s Medienexperimente [u.a.], 14-17

Wenzl, E. (1997a). Aufgespürt, notiert und ergänzt. Chemie in der Schule, 44 (4), 138

Wenzl, E. (1997b). Aufgespürt und entwirrt. Chemie in der Schule, 44 (7), 295

Widdop, B. (2011). Colour Tests. In A.C. Moffat, M.D. Osselton & B. Widdop (Eds.), Clarke´s Analysis of Drugs and Poisons. London: Pharmaceutical Press, 471-495

Wiegrebe, W., & Vilbig, M. (1981). Struktur und Entstehung des farbigen Simon-Awe-Komplexes. Zeitschrift für Naturforschung, 86b, 1297-1304

Marcel Simon
Volker Woest

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Ausbildung professioneller Handlungskompetenzen von Chemielehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor

Vom Klassischen Schülerlabor zum Lehr-Lern-Labor

Seit dem Jahre 2003 bietet das Schülerlabor der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik Jena Thüringer Schulen die Möglichkeit, chemische Phänomene aus Umwelt und Alltag experimentell zu untersuchen und praktische Fähigkeiten ergänzend zum Chemieunterricht weiter auszubauen. Im Sinne der Breitförderung existieren dabei einerseits Angebote für die frühe naturwissenschaftliche Interessensförderung in Kindergärten und Grundschulen. Andererseits decken sowohl chemiebezogene als auch fächerübergreifende Lern- und Experimentierzirkel verschiedenste Inhalte der Sekundarstufen I und II (Regelschulen sowie Gymnasien) bis hin zu Abiturvorbereitungskursen ab. Mit Blick auf die eingeführten Schülerlaborkategorien (HAUPT et al., 2013; KRATZER & EYERER 2018; HEß, 2018) kann das ursprüngliche Format des Jenaer Chemie-Schülerlabors in den Bereich der *Klassischen Schülerlabore* („Schülerlabor^{K}“) eingeordnet werden. Dieser Typus ist zum einen dadurch charakterisiert, dass „ganze Klassen oder Kurse im Rahmen schulischer Veranstaltungen“, halb- oder ganztätige Experimentalangebote wahrnehmen. Jene Angebote weisen einen klaren inhaltlichen Bezug zum Curriculum (Lehrplan) und zum aktuellen naturwissenschaftlichen Unterricht der jeweiligen Schulklasse auf. Zum anderen findet eine Breitenförderung (siehe oben) statt. (HAUPT et al., 2013, S. 326).

Im Kontext der (naturwissenschaftlichen) Lehrkräfteausbildung an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, besteht nun seit einiger Zeit die Bestrebung, das bestehende Chemie-Schülerlabor in ein *Lehr-Lern-Labor* umzustrukturieren. Diese stellen eine eigenständige Schülerlaborkategorie („Schülerlabor^{L}“) dar (HAUPT et al., 2013). Definitionsgemäß versteht man unter einem Lehr-Lern-Labor ein Schülerlabor, in welchem die Schüler/-innen weiterhin eigenständig experimentieren, welches aber zusätzlich in die fachdidaktische Ausbildung von angehenden Lehrkräften integriert ist (HAUPT et al., 2013). In diesem Zusammenhang müssen die drei Elemente 1) Lernaktivitäten der Lernenden, 2) deren Förderung sowie 3) die Kompetenzerweiterung der Studierenden gewährleistet und miteinander verwoben sein (BRÜNING, 2017). Sie stellen somit eine unmittelbare Verzahnung von Theorie und Praxis dar, die speziell den Lehramtsstudierenden sowohl den Ausbau als auch die Reflexion professioneller Handlungskompetenzen in einem komplexitätsreduzierten Setting erlaubt (LEUCHTER & ZUCKER, 2018). Die damit einhergehenden konkreten Zielstellungen, ersten Lehrveranstaltungskonzeptionen und Zwischenergebnisse sollen im Nachfolgenden näher vorgestellt werden.

Abb.1:
Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Theorie-Praxis-Verknüpfung

Zielstellungen

- Entwicklung einer Lehrveranstaltungskonzeption zur Integration des Schülerlabors in die universitäre Ausbildung von Chemielehramtsstudierenden (Untersuchung der Wahrnehmungen/Einstellungen der Studierenden bzgl. der Theorie-Praxis-Verzahnung)
- Förderung professioneller Handlungskompetenzen von Chemielehramtsstudierenden durch die Arbeit im Lehr-Lern-Labor

Lehrveranstaltungskonzeption

Grundlegend liegt den Lehrveranstaltungen das Prinzip des *Fachspezifischen Unterrichtscoachings* (nach STAUB & KREIS, 2013) zugrunde. Der zentrale Gegenstand dieses Konzepts befasst sich mit der Frage, wie die Planung und Durchführung von Unterricht optimiert werden können, um eine zielorientierte und bestmögliche Unterstützung der Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern zu gewährleisten. Im Rahmen der Lehrkräfteausbildung werden so Unterrichtssequenzen auf der Basis einer kokonstruktiven Zusammenarbeit zwischen Coach und Coachee in gemeinsamer Verantwortung gestaltet und reflektiert (STAUB, 2001; STAUB & KREIS, 2013). Folglich gliedert sich ein solcher Prozess in drei Abschnitte: *Vorbesprechung – Unterrichtssequenz – Nachbesprechung*. Die Phasen der Vor- und Nachbesprechung sind dabei in Form von Coachinggesprächen gestaltet, die einem *kokonstruktiven Dialog* (WEST & STAUB, 2003) entsprechen. In diesen bringen die Lehramtsstudierenden ihre eigenen Ideen, Vorschläge und Gestaltungsmöglichkeiten ein und der/die Dozierende regt sie dazu an, diese zu hinterfragen sowie zu diskutieren und gibt weiterführende Hinweise. STAUB & KREIS verweisen in ihren Artikeln auch auf erste empirische Befunde zur Wirksamkeit dieses Prinzips: Hier sei beispielhaft eine Studie zur signifikanten Erweiterung der Planungskompetenz von Lehrkräften der Sekundarstufe I in der Schweiz erwähnt, die im Rahmen einer Weiterbildung von Fachspezifischen Unterrichtscoaches begleitet wurden (BECK, BAER, GULDIMANN, BISCHOFF, BRÜHWILER, MÜLLER, NIEDERMANN, ROGALLA & VOGT, 2008).

Aus dieser theoretischen Verortung ist die folgende Semesterstruktur entstanden (Vgl. Abb.2): Zu Beginn werden in einer Einführung veranstaltungsrelevante Inhalte (Qualifikationsziele, Ablauf, Modulleistung, etc.) besprochen sowie organisatorische Aspekte geklärt. Die Studierenden arbeiten für das gesamte Semester in kleinen Gruppen (zwei bis drei Personen), von denen jede einen ausgewählten Termin im Schülerlabor plant und durchführt. Im darauffolgenden Abschnitt finden einerseits grundlegende und/oder vertiefende didaktische Seminare und Praktika für alle Studierenden statt, in welchen die für die Planung notwendige Inhalte gemeinsam erarbeitet werden. Darüber hinaus lernen die Gruppen die Experimente ihres zu betreuenden Lernzirkels kennen und beurteilen diese hinsichtlich unterschiedlicher didaktischer Gesichtspunkte. Andererseits werden in diesem Zeitraum gruppenbezogene Konsultationen (Coachinggespräche) durchgeführt. Jene haben die konkrete Vorbereitung des jeweiligen Schülerlabortermins jeder Gruppe in kokonstruktiver Weise zum Ziel. Als Leitfaden dienen, sowohl in der eigenständigen Gruppenarbeit als auch den Konsultationen, die *Kernperspektiven zur Planung und Reflexion von Unterricht* (STAUB et al., 2003):

Abb.2: Lehrveranstaltungsstruktur

(1) Klärung der Fachinhalte und Lern-/Bildungsziele der Unterrichtssequenz,
(2) Einordnung der Sequenz in thematische Einheit(en) und den Lehrplan,
(3) Vorwissen und mögliche Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler,
(4) Unterrichtsgestaltung zur Unterstützung der Lernprozesse.

Bis zu diesem Punkt kann der Semesterablauf dem Bereich der *Vorbesprechung* zugeordnet werden. Darauffolgend führt jede Gruppe die zuvor geplante *Unterrichtssequenz* im Schülerlabor eigenverantwortlich durch. Der Coach bleibt dabei als Beobachter im Hintergrund. Im direkten Anschluss findet eine *Nachbesprechung* statt, die den Sequenzverlauf hinsichtlich der von den Studierenden zuvor festgelegten Reflexionskriterien auswertet. In einer Abschlussveranstaltung werden die Gruppenergebnisse zusammengetragen, Erfahrungen gemeinsam ausgetauscht und reflektiert. Die Studierenden dokumentieren während des Moduls alle Arbeitsschritte, Ergebnisse und Reflexionen in einem semesterbegleitenden Portfolio.

Zwischenergebnisse

Das zuvor dargestellte Lehrveranstaltungskonzept wurde in den vergangenen Semestern sowohl mit Chemielehramtsstudierenden des ersten Fachsemesters als auch des fünften bzw. sechsten Fachsemesters erprobt. Im Fokus der Untersuchungen stand hierbei zunächst die Wahrnehmungen bzw. die Einstellung der Studierenden bzgl. dieser nun in die Lehrveranstaltungen eingebauten Theorie-Praxis-Verzahnung. Ähnliche Untersuchungen zu dieser Thematik liegen bereits von anderen Standorten mit Lehr-Lern-Labor-Formaten vor (KROFTA et al., 2015). Die Wahrnehmung wurde mittels eines Fragebogens mit Items auf einer Likert-Skala von 1 bis 5 (1 = *stimme nicht zu*; 5 = *stimme zu*) erhoben, deren Ergebnisse in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt sind. Grundlegend ist zu erkennen, dass die Studierenden beider Gruppen hohe Zustimmungen in Bezug auf die praktische Arbeit mit Schülerinnen und Schülern aufweisen. Weiterhin ist zu sehen, dass sich die Zustimmungen der Studierenden im fünften bzw. sechsten Semester bzgl. ausgewählter Aspekte, so beispielsweise der Gesamtzufriedenheit mit der Lehrveranstaltung, geringere Mittelwerte aufweisen.

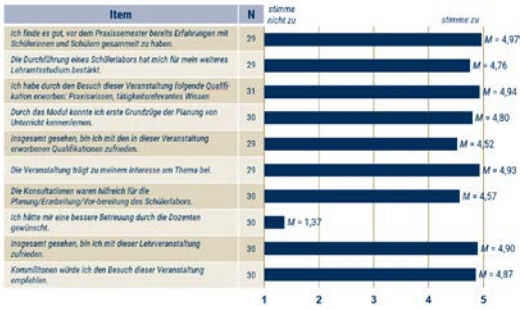


Abb.3: Lehrveranstaltungsbewertung durch Lehramtsstudierende des ersten Fachsemesters (N_{ges} = 31)

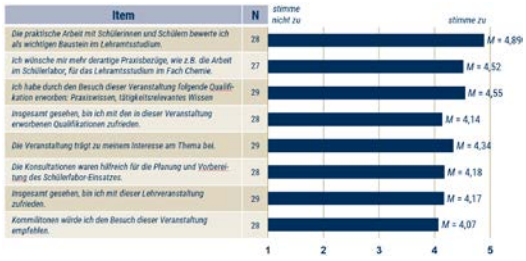


Abb.4: Lehrveranstaltungsbewertung durch Lehramtsstudierende des fünften/sechsten Fachsemesters (N_{ges} = 29)

Aus freitextlichen Äußerungen, die sowohl im eingesetzten Fragebogen als auch in den studentischen Portfolios ermöglicht wurden, ließen sich verschiedene Kategorien identifizieren, die die Studierenden als positiv an der Lehrveranstaltung einschätzten: Neben Einschätzungen zur *Arbeitsatmosphäre* sowie dem *Verhältnis zwischen Dozent und Studierenden*, finden sich in beiden Gruppen hauptsächlich Aussagen, die sich den Kategorien *Lehrveranstaltungskonzept* und *Praxisbezug* zuordnen lassen.

Fazit & Ausblick

Aus den bisherigen Erfahrungen kann zusammenfassend abgeleitet werden, dass die Studierenden, sowohl jene im ersten als die des fortgeschrittenen Fachsemesters, den eingebauten Praxisbezug als positiv und gewinnbringend einschätzen. Nichtsdestotrotz geben die Rückmeldungen auch Anlass zur Weiterentwicklung und Optimierung der Lehrveranstaltungskonzeption: Dabei ist primär zu diskutieren, den Lehrveranstaltungsmodus für die Erstsemesterstudierenden im Sinne einer Komplexitätsreduzierung beizubehalten, den Studierenden im fortgeschrittenen Fachsemester jedoch die Konstruktion eigener Lern-/Experimentiermaterialien und Unterrichtssequenzen sowie deren Erprobung und Reflexion im Schülerlabor einzuräumen. Darüber hinaus steht nun eine gezieltere Untersuchung der Auswirkungen dieser Theorie-Praxis-Verzahnung auf ausgewählte Facetten der professionellen Handlungskompetenz (Vgl. BAUMERT & KUNTER, 2006) von Chemielehramtsstudierenden durch die Arbeit in einem solchen Lehr-Lern-Labor-Format nun im Fokus des weiteren Vorgehens. Denkbar ist hierbei der verstärkte Einbau weiterer Elemente, wie der *geplanten/strukturierten Beobachtung* (Vgl. ECKERTH, 2013) oder dem Einsatz videographischer Dokumentationen.

Literatur

Baumert, J & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 9(4), S. 469 - 520

Bickel, D., Staub, F. & West, L. (2003). What is Content-Focused Coaching? In Lucy, W. & Fritz, C. (Eds.), Content-Focused Coaching – Transforming mathematics lessons (pp. 1-17). Portsmouth, NH: Heinemann.

Brüning, A. (2017). Lehr-Lern-Labore in der Lehramtsausbildung – Definition, Profilbildung und Effekte für Studierende. In Kortenkamp, U. & Kuzle, A. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2017, Münster: WTM, S. 1377-1378

Dohrmann, R. & Nordmeier, V. (2015). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung – Förderung von Professionswissen, professioneller Unterrichtswahrnehmung und Reflexionskompetenz im LLL Physik. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Jahrestagung 2015, Wuppertal.

Engelbrecht, F., Haupt, O., Hempelmann, R., Henrich, B., Parrisius, M. (2019). Schülerlabor-Atlas 2019: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum. LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e.V., S. 12-15

Faber, A., Fandrich, J., Schulz, J., Seidler, C., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S. (2014). Kategorisierung der Schülerlabore: Das Lehr-Lern-Labor. LeLamagazin: Neues aus dem Bundesverband, Ausgabe 08/2014, S. 4f.

Fandrich, J., Krofta, H., Nordmer, V. (2012). Professionalisierung im Schülerlabor: Praxisseminare in der Lehrerbildung. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Jahrestagung 2012, Mainz.

Haupt, O. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. LeLamagazin: Neues aus dem Bundesverband, Ausgabe 05/2013, S. 2ff. (Vgl. MNU 66(6), S. 324-330)

Haupt, O., Hempelmann, R. (2013). Kategorisierung der Schülerlabore: Das Klassische Schülerlabor. LeLamagazin: Neues aus dem Bundesverband, Ausgabe 06/2013, S. 4f.

Hößle, C. & Saathoff, A. (2019). Lehr-Lern-Labore im Lehramtsstudium. Eine Analyse studentischer Unterrichtsreflexion im Fach Biologie. In Bayrhuber, H., Bräuer, C., Hemmer, M., Korneck, F., Parachmann, I., Prediger, S., Rothnagel, M. (2019), Fachdidaktische Forschung, Band 11: Fachdidaktische Forschung zur Leherbildung. Vorstand der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) Münster: Waxmann-Verlag GmbH, S. 195-204

Kreis, A. & Staub, F. (2013). Kollegiales Unterrichtscoaching. In Bartz, A., Dammann, M., Huber, S., Klieme, T., Kloft, C., Schreiner, M. (Hrsg.), PraxisWissen SchulLeitung (33. Aktualisierungslieferung, Teil 3, 30.32, S. 1-13)

Leuchter, M. & Zucker, V. (2018). Lehr-Lern-Labore als Orte der fachdidaktischen MINT-Lehramtsausbildung. Förderung von Kompetenzen Lehramtsstudierende hinsichtlich des Diagnostizierens und Rückmeldens. MNU-Journal, Ausgabe 06/2018, S. 364-369

Lühken, A., Nitsche, E., Rodriguez, M. (2018). Das Lehr-Lern-Labor "SuFis" – Studieren und Forschen im Schülerlabor. Posterbeitrag auf dem Wissenschaftsforum Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Karlsruhe, Poster P047. Abrufbar unter: https://www.uni-frankfurt.de/73725783/Rodriguez_GDCh_18_SuFiS2.pdf (Letzter Aufruf: Montag, 14.10.2019, 10:01 Uhr)

Scharfenberger, F.-J. & Bogner, F. (2019). Lehr-Lern-Labore – eine Bereicherung für Lehramtsausbildung? In Engelbrecht, F., Haupt, O., Hempelmann, R., Henrich, B., Parrisius, M. (2019). Schülerlabor-Atlas 2019: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum. Ein Blick in die fachdidaktische Forschung. LernortLabor Bundesverband der Schülerlabore e.V., S. 50-55

Staub, F. (2015). Fachspezifisches Unterrichtscoaching. In Rolff, H.-G. (Hrsg.), Handbuch Unterrichtsentwicklung (S. 476-489). Weinheim: Beltz.

Klempin, C., Köster, H., Lücke, M., Mehrtens, T., Nordmeier, V., Rehfeld, D., Sambanis, M., Seibert, D. (2019). Interdisziplinäre Effekte des universitären Lehrformats „Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS)" auf Lehramtsstudierende in vier Fachdidaktiken. In Bayrhuber, H., Bräuer, C., Hemmer, M., Korneck, F., Parachmann, I., Prediger, S., Rothnagel, M. (2019), Fachdidaktische Forschung, Band 11: Fachdidaktische Forschung zur Leherbildung. Vorstand der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) Münster: Waxmann-Verlag GmbH, S. 123-133

Julia Brüggerhoff
Sarah Rau-Patschke
Stefan Rumann

Universität Duisburg-Essen

Lehrerkompetenzen im naturwissenschaftlichen Kontext anschlussfähiger Übergangsgestaltung

Übergänge anschlussfähig gestalten

Schülerinnen und Schüler erfahren im Übergang von der Primar- in die Sekundarstufe strukturelle Veränderungen: z. B. wird aus dem vielperspektivischen Sachunterricht, der sowohl natur- als auch gesellschaftswissenschaftliche Fächer in sich vereint, ein natur- bzw. gesellschaftswissenschaftlicher Fachunterricht bestehend aus Einzelfächern oder Fächerverbünden (Möller, 2014). Forschungsergebnisse geben Hinweise darauf, dass eine Anschlussfähigkeit zwischen den Schulstufen insbesondere in den naturwissenschaftlichen Fächern nicht durchgängig gewährleistet ist. Die Bewältigung des Übergangs ist aber nicht allein als eine Aufgabe der Schülerinnen und Schülern zu erachten. Griebel und Hiebl (2010) betrachten Übergangsbewältigung vielmehr als „ko-konstruktiven Prozess“ (S. 17), der auch die Kompetenzen des sozialen Systems erfordert. Damit werden auch Lehrkräfte beider Schulstufen einbezogen, deren Moderation und Begleitung Einfluss auf die Ergebnisqualität der Übergangsbewältigung nehmen können (ebd.). Die Kompetenz der Grund- und der weiterführenden Schulen liegen sowohl in den administrativen Kompetenzen der Organisation als auch in den individuellen Kompetenzen der einzelnen Lehrkräfte (ebd.). Durch die Unterschiede in den Fächerstrukturen sowie Unterrichtsstilen und der Ausbildung der Lehrkräfte, sehen sich insbesondere Sach- und Fachunterrichtslehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer im Übergang mit dem Anspruch konfrontiert, anschlussfähige Bildungsprozesse zu gestalten, die kumulatives Lernen ermöglichen und die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unterstützen.

Hempel und Maltzahn (2012) sowie Racherbäumer und Kohnen (2014) zeigen aber, dass Lehrkräfte der Sekundarstufe I aufgrund der Heterogenität des Vorwissens unsicher sind, was sie von ihren neuen Schülerinnen und Schüler am Anfang der 5. Jahrgangsstufe in den naturwissenschaftlichen Fächern erwarten können. Hinzu kommt, dass ihnen die Curricula des Sachunterrichts oft unbekannt sind (Hempel & Maltzahn, 2012) und Lernausgangslagen in den naturwissenschaftlichen Fächern selten diagnostiziert werden (Racherbäumer & Kohnen, 2014). Ergebnisse einer Vorstudie zu diesem Projekt bestätigen zudem, dass der Übergang vom Sach- zum Fachunterricht selten mit fachspezifischen Maßnahmen gestaltet wird (Rau-Patschke & Brüggerhoff, 2019). Die Herstellung von Anschlussfähigkeit durch konkrete Gestaltungsmaßnahmen zur Übergangsgestaltung findet zumeist lediglich allgemeinpädagogisch statt (Ophuysen, 2005). Welche Kompetenzen Lehrkräften zur Gestaltung des Übergangs vom naturwissenschaftlichen Sach- zum (integrierten) naturwissenschaftlichen Fachunterricht benötigen, ist bisher weitestgehend unbekannt und daher Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts.

Forschungsfragen

FF 1: Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehrkräften der Primar- und Sekundarstufe I benennen Expertinnen und Experten für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung vom naturwissenschaftlichen Sach- zum (integrierten) naturwissenschaftlichen Fachunterricht?

FF2: Welche Anforderungen formulieren Schülerinnen und Schüler für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung vom naturwissenschaftlichen Sach- zum (integrierten) naturwissenschaftlichen Fachunterricht?

Methode

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wird eine Befragung von Expertinnen und Experten mittels Delphi-Methode durchgeführt. Mit dem Ziel, Ansichten zu einem unklaren Sachverhalt zu ermitteln und die Mehrheitsfähigkeit der Antworten zu überprüfen (Häder, 2014), umfasst die Delphi-Studie drei aufeinanderfolgende, anonymisierte, online-gestützte Befragungsrunden, die sowohl qualitative als auch quantitative Elemente beinhalten.

Als Expertin bzw. Experte werden Lehrkräfte, Ausbilderinnen und Ausbilder der zweiten Phase sowie Fachdidaktiker und Fachdidaktikerinnen der Fächer Sachunterricht, Biologie oder des naturwissenschaftlichen Unterrichts befragt. Diese drei Teilgruppen werden um eine vierte Teilgruppe bestehend aus Schulleitungen der Primar- und Sekundarstufe ergänzt.

In einer Vorstudie wurden allgemeinpädagogische Maßnahmen zur Übergangsgestaltung deduktiv aus der Literatur abgeleitet und unter den Hauptkategorien *Curriculares Wissen*, *Kooperation*, *Unterrichtgestaltung*, *Diagnostik* und *Schulleben* in einem Kategoriensystem zusammengefasst. Aus diesen wurden erste fachspezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung abgeleitet. Ergänzt um eine sechste Kategorie, *Übergangssensibilität* (Graalmann, 2018), dient das Kategoriensystem als Grundlage für die Struktur und Auswertung des offenen Fragebogens der ersten Delphi-Befragungsrunde.

In der ersten qualitativen Befragungsrunde werden die Expertinnen und Experten um Auflistung von Kriterien gebeten, über die Lehrkräfte für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung vom Sach- zum Fachunterricht verfügen müssen. In sieben offenen Fragen wird dieser Sachverhalt aus verschiedenen Blickwinkeln fokussiert. Die Auswertung erfolgt mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015). Für die erste Befragungsrunde wird eine Stichprobengröße von N=140 Expertinnen und Experten angestrebt.

Da im Verlauf der zweiten und dritten Befragungsrunde mit einer Rücklaufquote von 70-75 Prozent gerechnet wird (Häder, 2014), werden zu Beginn der zweiten Runde eine größere Anzahl von Expertinnen und Experten um Einschätzung gebeten.

In der zweiten Befragungsrunde wird die Expertengruppe um Einschätzung der Relevanz der Fähigkeiten und Fertigkeiten auf einer 5-stufigen Likertskala gebeten. In der dritten Befragungsrunde erhält die gleiche Expertengruppe dann die Möglichkeit, ihre Einschätzung aufgrund des rückgemeldeten Gruppenurteils zu verändern.

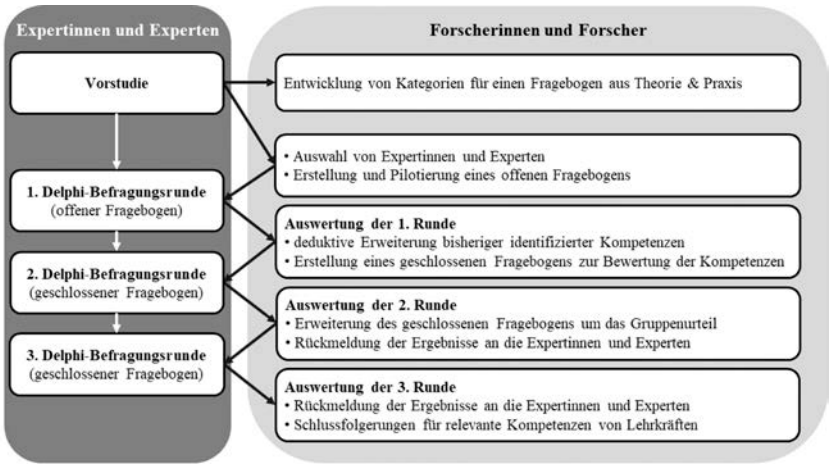


Abb. 1: Ablaufschema der Delphi-Befragung (in Anlehnung an Carabias, et al., 2015)

Ergebnisse

An der Pilotierung des offenen Fragebogens für die erste Befragungsrunde nahmen *N*=16 Expertinnen und Experten teil, die sich gleichmäßig auf die zuvor aufgeführten Expertenteilgruppen verteilen. Insgesamt fordern die Expertinnen und Experten in allen sechs Kategorien (siehe Abb. 2) Fähigkeiten und Fertigkeiten für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung.

In der Kategorie *Curriculares Wissen* fokussieren sich die Expertinnen und Experten auf verfügbares Wissen von Lehrkräften zu Vorgaben, Kernthemen und Fächerstrukturen der naturwissenschaftlichen Fächer beider Schulformen. So sollen Lehrpläne, schulinterne Arbeitspläne, Richtlinien und der Bildungsstandards (bzw. Perspektivrahmen) sowie Kernthemen, Inhalte und Fachmethoden bekannt sein.

In der Kategorie *Schulleben* führen die Expertinnen und Experten vor allem fachunspezifische Kriterien an. So sollen Lehrkräfte über Wissen zum Schulleben der abgebenden und aufnehmenden Schulstufe verfügen und insbesondere Rituale sollen bekannt sein.

In der Kategorie *Unterrichtsgestaltung* sollen vor allem Lehrkräfte der Primarstufe Schülerinnen und Schüler an das (Fach-)Lernen in der Sekundarstufe I heranführen. Dazu sollen diese über die Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügen, die Selbstständigkeit der Schülerinnen und Schüler zu fördern und naturwissenschaftliche Entwicklungsprozesse anzubahnen. Darüber hinaus fordern die Expertinnen und Experten, dass Lehrkräfte beider Schulstufen das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler auf ein gemeinsames Niveau bringen sowie den Übergang als Thema im 4. Schuljahr thematisieren können.

In der Kategorie *Diagnostik* ist es Wissen zu Beobachtungsfehlern sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln, Diagnoseinstrumente transparent einsetzen zu können und die Schülerinnen und Schüler dadurch frühzeitig an Bewertungssysteme heranzuführen. Darüber hinaus wünschen sich die Expertinnen und Experten, dass Lehrkräfte der Sekundarstufe I Berichte sowie Zeugnisse einsehen und nutzen können.

In der Kategorie *Kooperation* fordern Expertinnen und Experten eine positive Haltung von Lehrkräften gegenüber der Kooperation zwischen den Schulstufen, indem sie einen Mehrwert in der Zusammenarbeit erkennen können. Des Weiteren sollen Lehrkräfte gemeinsam zentrale Inhalte und Kompetenzen identifizieren sowie in der Beratung von Eltern das Schulsystem anschaulich und korrekt erklären können.

In der Kategorie *Übergangssensibilität* fokussieren die Expertinnen und Experten erneut die Haltung der Lehrkräfte, indem sie fordern, dass sie empathisch gegenüber den Problemen, Schwierigkeiten, Sorgen und Ängste der Schülerinnen und Schüler zu sein haben.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse geben erste Hinweise auf relevante Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehrkräften, die allerdings nicht ausschließlich für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung, sondern auch für die reguläre Unterrichtsgestaltung in anderen Schulstufen von Relevanz zu sein scheinen. Inwieweit es sich um Kompetenzen handelt, die bereits in bekannten Modellen zum Professionswissen von Lehrkräften aufgeführt werden, wird im Folgenden durch die Durchführung der Haupterhebung mit einer größeren Stichprobe überprüft und darüber hinaus durch die Befragung von Schülerinnen und Schülern zu ihren Anforderungen an einen anschlussfähigen Übergang ergänzt. Die Ergebnisse können eine Grundlage für die Entwicklung von Lehrerfortbildungen darstellen und auch bei der Beschreibung der von Lehrkräften benötigten Kompetenzen für eine anschlussfähige Übergangsgestaltung in den naturwissenschaftlichen Fächern dienen, die somit perspektivisch in die Lehrerausbildung einbezogen werden können.

Literatur

Carabias, V., Braumandl, T., Sanchez, D., Moser, C., Spiess, H., Blumer, Y., Hertach, C. & Müller, A. (2015). *Delphi Expert Survey on Smart Cities Switzerland 2035*. FFRC's Futures Conference 2015.

Griebel, W., & Hiebl, P. (2010). Transition als ko-konstruktiver Prozess: Übergang in die weiterführende Schule als Transition für Kind und Eltern - die Kompetenzen aller Beteiligten sind gefragt. In Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (Hrsg.), *Übergänge gestalten! Grundschule-weiterführende Schulen* (S. 17–29). Dillingen a. d. Donau.

Hempel, M., & Maltzahn, K. von. (2012). *„Endlich haben wir richtige Physik!": Naturwissenschaftliche Interessen von Mädchen beim Übergang von der Grundschule in die weiterführenden Schulen. Vechtaer fachdidaktische Forschungen und Berichte*. Vechta: Universität Vechta.

Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 33–43.

Ophuysen, S. van. (2005). Gestaltungsmaßnahmen zum Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule. In H. G. Holtappels & K. Höhmann (Hrsg.), *Institut für Schulentwicklungsforschung. Schulentwicklung und Schulwirksamkeit. Systemsteuerung, Bildungschancen und Entwicklung der Schule* (S. 141–152). Weinheim [u.a.]: Juventa.

Ophuysen, S. van, & Harazd, B. (2011). *Der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule - Gestaltung, Beratung, Diagnostik*. Kiel: IPN.

Racherbäumer, K., & Kohnen, M. (2014). Schulstufenübergreifende Kooperationen von Lehrkräften der Primar- und Sekundarstufe zur Gestaltung anschlussfähiger Bildungsprozesse am Beispiel der Naturwissenschaften und Mathematik. In A. B. Liegmann, I. Mammes, & K. Racherbäumer (Hrsg.), *Facetten von Übergängen im Bildungssystem. Nationale und internationale Ergebnisse empirischer Forschung* (S. 95–109). Münster [u.a.]: Waxmann.

Rau-Patschke, S., & Brüggerhoff, J. (2019). Fachspezifische und überfachliche Gestaltungsmaßnahmen für den Übergang vom Sachunterricht der Primarstufe zum Fachunterricht der Sekundarstufe. In C. Donie, F. Foerster, M. Obermayr, A. Deckwerth, G. Kammermeyer, G. Lenske, Leuchter, M. & A. Wildemann (Hrsg.), *Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer* (S. 408–414). Wiesbaden: Springer.

Erik Heine
Gesche Pospiech
Technische Universität Dresden

Der Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einem kontroversen Fachkonzept

Theoretischer Hintergrund

In der Wissenschaft haben die dort geführten Kontroversen enormen Anteil am Prozess der Erkenntnisgewinnung (Nehrdich, 2011). Nicht allein deshalb besitzt die Auseinandersetzung mit fachlichen Kontroversen auch für den Physikunterricht einen besonderen Bildungswert. Kontroversen, die nach Ohl bestehen, „wenn mindestens zwei miteinander unvereinbare Standpunkte vorliegen“ (Ohl, 2013, S. 5), bieten Schüler*innen zum einen die Möglichkeit zur „Bewertung physikalischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten“ (KMK, 2005, S. 8), zum anderen betonen Schindler et al. Kontroversität als ein wesensbestimmendes, charakteristisches Merkmal von Wissenschaft (Schindler, Lehnen & Jakobs, 2006), welches als solches Lerngelegenheiten im Bereich Nature of Science (NoS) offeriert. Der Wert fachlicher Kontroversen lässt sich dementsprechend in allen vier Kompetenzbereichen des Physikunterrichts verorten: Im Bereich Erkenntnisgewinnung können NoS-Aspekte wie beispielsweise Vorläufigkeit und Subjektivität (Ledermann, 2007) hervorgehoben werden. Beim Diskurs und der Reflexion verschiedener Fachpositionen werden neben dem Fachwissen als Partizipationsgrundlage für die Diskussion im Unterricht vor allem Bewertungs- und Kommunikationskompetenz der Lernenden gefördert und gefordert.

Die Realisierung dieses Potenzials für den Unterricht wird maßgeblich durch die konkrete Umsetzung der jeweiligen Lehrkraft bestimmt sein. Folglich ist es ein lohnendes Ziel fachdidaktischer Forschung, zu untersuchen, wie (zukünftige) Physiklehrkräfte mit Kontroversität in Bezug auf eine fachliche Problemstellung umgehen. Dadurch könnten Perspektiven der Lehrenden hinsichtlich der Nutzung dieses Bildungswertes identifiziert werden. Dunlop & Veneu (2019) stellen jedoch fest, dass im Vergleich zu „socio-scientific issues“ und historischen Kontroversen bisher kaum fachdidaktische Erkenntnisse zu aktuelleren innerfachlichen Kontroversen im Unterrichtskontext vorliegen. In einer interviewbasierten Untersuchung mit Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer zu diesem wenig erforschten Themengebiet gelangen sie zu dem Ergebnis, dass die Befragten das Unterrichten fachlicher Kontroversen für nachrangig gegenüber den Fachinhalten laut Lehrplan halten und weder sich selbst noch die Schüler*innen für hinreichend kompetent im Umgang damit einschätzen.

Forschungsfragen

Um zu erfassen, wie Physiklehrkräfte und -lehramtsstudierende mit einer fachlichen Kontroverse umgehen, die sie mit der Entscheidung konfrontiert, wie der zugehörige Fachinhalt im Unterricht dargestellt werden soll, musste zunächst ein geeignetes Fachproblem als exemplarischer Kontext der Erhebung gefunden werden. Ausgewählt wurde hierzu die in Fachpublikationen diskutierte Fragestellung (z.B. Millette, 2017; Hecht, 2009; Jammer, 2000), ob die Masse in der Speziellen Relativitätstheorie von der Geschwindigkeit abhängig ist oder nicht. Die damit verbundene Kontroverse um den Begriff der „relativistischen Masse“ ($m(v) = \gamma \cdot m_0$) besitzt für Lehrkräfte aufgrund des direkten Bezugs zu Lehr- bzw. Bildungsplänen besondere Relevanz, findet inhaltlich auf einem angemessenen Fachniveau statt und ist trotz ihrer Komplexität noch hinreichend strukturiert bzw. geschlossen, so dass sie als Untersuchungsrahmen gut geeignet erscheint.

Vor diesem Hintergrund sollen unter anderem die folgenden beiden Forschungsfragen beantwortet werden:
- Wie gehen die Befragten mit fachwissenschaftlichen Texten unterschiedlicher Positionen zur Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie um?
- Welche NoS-Vorstellungen der Befragten können bei einer solchen Konfrontation mit einer fachlichen Kontroverse rekonstruiert werden?

Methode

In einer qualitativ-explorativen Laborstudie wurden Physiklehrkräfte und -lehramtsstudierende mit verschiedenen Textausschnitten zu konträren physikalischen Positionen über die Verwendung des Begriffes der „relativistischen Masse“ konfrontiert.
Als Erhebungsinstrument wurden neben Fragebögen sogenannte Gedankenlisten eingesetzt, die in der Verhaltenstherapie diagnostischen Zwecken dienen. Gedankenlisten ermöglichen aufgrund ihres ungerichteten, offenen Formats eine authentische Reaktion der Teilnehmer*innen auf die zu lesenden Textmaterialien und geben „Auskunft über die nicht sichtbar ablaufenden »inneren Handlungen«, die eine Person vollzieht“ (Hoyer & Chaker, 2009, S. 398).
Für die Auswertung der so erhobenen Daten von insgesamt 43 Lehrkräften und 22 Studierenden wird das Verfahren der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) angewendet.

Ergebnisse

Ergebnisse liegen bisher für die erste Forschungsfrage vor. Hierzu wurde für die Analyse der Gedankenlisten induktiv ein Kategoriensystem gebildet.

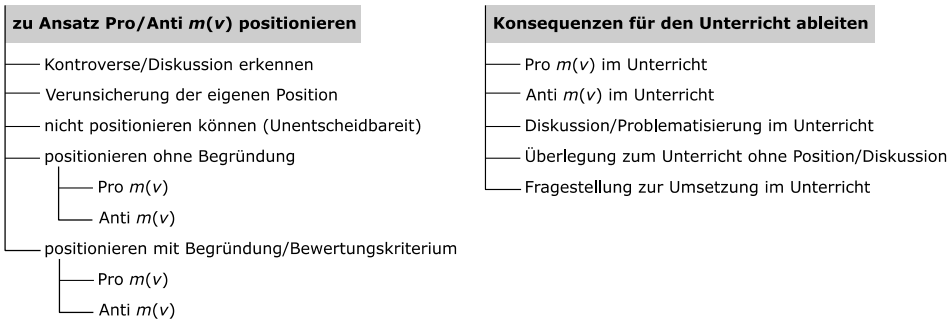


Abb. 1: zwei Hauptkategorien des Kategoriensystems

Bei der Auswertung zweier ausgewählter Kategorien (Abb. 1) zeigten sich im Vergleich der Probandengruppen die folgenden bemerkenswerten Aspekte.

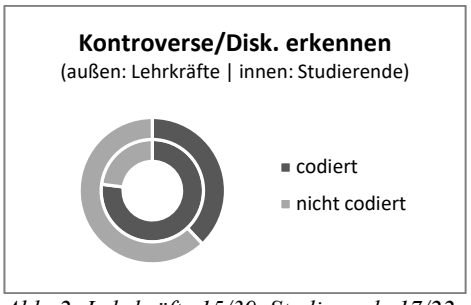


Abb. 2: Lehrkräfte 15/39, Studierende 17/22

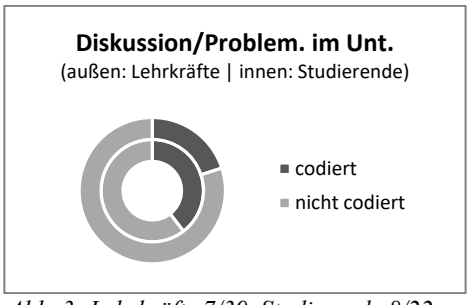


Abb. 3: Lehrkräfte 7/39, Studierende 8/22

Kontroverse/Diskussion erkennen
Diese Kategorie wurde codiert, wenn aus den Äußerungen der Befragten hervorgeht, dass der Gebrauch einer relativistischen Masse kontrovers diskutiert werden kann. Der relative Anteil an Lehramtsstudierenden mit mindestens einer Codierung in dieser Kategorie ist gegenüber dem der Lehrkräfte deutlich größer (Abb. 2).

Diskussion/Problematisierung im Unterricht
In dieser Kategorie wurde erfasst, inwieweit die Befragten zum Ausdruck bringen, dass die verschiedenen Ansätze Anti- bzw. Pro-relativistische Masse im Unterricht diskutiert werden sollten. Auch hier ergibt die Analyse der relativen Anteile der Befragten mit mindestens einer Codierung einen Unterschied zwischen Lehrkräften und Studierenden (Abb. 3). Die untersuchten Lehramtsstudierenden sind demnach häufiger für eine Problematisierung der beiden kontroversen Fachpositionen im Unterricht, wie der folgende Gedanke einer Studentin illustriert: *„Aufgrund dieser beiden Ansichten empfinde ich es als sinnvoll & notwendig beide Standpunkte mit den Schüler*innen zu diskutieren und dazu auch „Fachliteratur" zu Rate zu ziehen."* (S21B2). Im Gegensatz dazu finden sich unter den Codings der Lehrkräfte Gedanken, die eine weitaus eingeschränktere Diskussionsbereitschaft ausweisen: *„Bei Nachfragen Hinweis auf Diskussion Pro/Anti"* (L16F3).

Positionierung im Verlauf der Erhebung
Die Auseinandersetzung mit den Texten bewirkt, dass die Teilnehmer*innen auch ihre eigene Position (Anti/Pro relativistischen Masse) innerhalb der Gedankenlisten explizieren. Anhand der Kategorien *positionieren ohne Begründung*, *positionieren mit Begründung/Bewertungskriterium*, *Pro m(v) im Unterricht*, *Anti m(v) im Unterricht* konnte der zeitliche Verlauf dieser Positionierungen als Gedankenpfad nachempfunden werden. Zusätzlich konnten Daten aus Fragebögen im Vorfeld bzw. Nachgang der Gedankenlisten zur fachlichen Position der Befragten mit einbezogen werden. Unter den Studierenden ist der Anteil derjenigen, die ihre Position mindestens einmal wechseln höher, als bei den Lehrkräften (Abb. 4). Dieses Bild passt zum Antwortverhalten im Fragebogen, der im Anschluss an die Gedankenlisten die fachliche Position der Teilnehmer*innen erhebt. Auch hier gibt es bei den Studierenden mehr Unentschiedene als bei den Lehrkräften (Abb. 5).

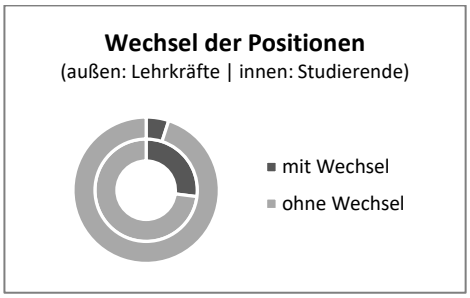


Abb. 4: Lehrkräfte 2/39, Studierende 6/22

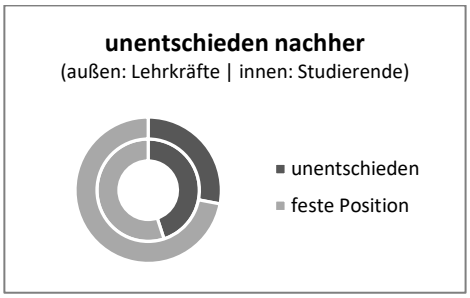


Abb. 5: Lehrkräfte 10/36, Studierende 10/22

Zusammenfassung und Ausblick
Bisher deuten die Daten darauf hin, dass die Lehramtsstudierenden offener gegenüber verschiedenen konkurrierenden Fachpositionen sind und eine weniger gefestigte eigene Position als die Lehrkräfte besitzen.
Diese ersten Ergebnisse sollen künftig durch die Klärung der zweiten Forschungsfrage mithilfe eines deduktiv-induktiven Kategoriensystems sowie der Auswertung schriftlicher Reaktionen auf offene Textvignetten (die Unterrichtskontexte beschreiben) ergänzt werden.

Literatur

Dunlop, L., Veneu, F. (2019). Controversies in Science. To Teach or Not to Teach*?* In Science & Education. published online. Springer Nature

Hecht, E. (2009). Einstein never approved of relativistic mass. In The Physics Teacher 47, 336-341

Hoyer, J., Chaker, S. (2009). Kognitionsdiagnostik. In Margraf, J., Schneider, S. (Hrsg.): Lehrbuch der Verhaltenstherapie. Band 1: Grundlagen, Diagnostik, Verfahren, Rahmenbedingungen. 3., vollständig bearbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 392-407

Jammer, M. (2000). Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy. Princeton: Princeton University Press

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim Basel: Beltz Juventa

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In Abell, S. K., Lederman, N. G. (Eds.): Handbook of research on science education. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 831-880

Millette, P. A. (2017). On Time Dilation, Space Contraction, and the Question of Relativistic Mass. In Progress in Physics 13(4), 202-205

Nehrdich, T. (2011). Kontroversität. Neue Herausforderungen für eine aktuelle Geographiedidaktik. In GW-Unterricht 124, 15-25

Ohl, U. (2013). Komplexität und Kontroversität. Herausforderungen des Geographieunterrichts mit hohem Bildungswert. In Praxis Geographie 3, 4-8

Schindler, K., Lehnen, K., Jakobs, E.-M. (2006). Konzeptualisierung von Wissenschaft und Kontroverse bei Schülern und Studierenden. In Liebert, W.-A., Weitze, M.-D. (Hrsg.): Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft? Wissenskulturen in sprachlicher Interaktion. Bielefeld: transcript Verlag, 81-94

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand

Alexander Finger[1] [1]ZLS/Universität Leipzig
Christoph Thyssen[2] [2]TU Kaiserslautern
Daniel Laumann[3] [3]WWU Münster
Christoph Vogelsang[4] [4]Universität Paderborn

Analyse von Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangslage & Hintergrund

Gemäß den KMK-Standards für die Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2016) ist es Aufgabe von Lehrkräften aller Schulformen und Fächer, Schülerinnen und Schüler beim Aufbau von Kompetenzen zum Umgang mit digitalen Medien zu unterstützen. Dies betrifft auch den naturwissenschaftlichen Unterricht. Angehende Lehrkräfte müssen demnach im Rahmen ihrer Ausbildung wiederum Kompetenzen erwerben, die ihnen die Gestaltung derartiger Lerngelegenheiten im Fachunterricht ermöglichen. Die Entwicklung von entsprechenden Lehrveranstaltungen steht dabei vor zwei zentralen Schwierigkeiten. Zum einen liegen anders als für die bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Kompetenzen von Lehrkräften (z.B. KMK, 2008), noch keine finalen Standards vor, die Kompetenzerwartungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht konkretisieren und Abstimmungen zwischen verschiedenen Bereichen der universitären Lehrerbildung ermöglichen. Inwiefern eine Lehrveranstaltung daher zu einem angestrebten kumulativen digitalen Kompetenzaufbau beiträgt, ist daher schwer einzuschätzen. Es besteht daher Bedarf derartige Standards zu entwickeln. Zum anderen müssen Lehrveranstaltungen an die Voraussetzungen der Studierenden, z.B. ihre Vorkenntnisse oder ihre Einstellungen zum Medieneinsatz, angepasst sein. In diesem Beitrag werden auf der Basis von Daten, die im Rahmen der Evaluation des Kollegs Didaktik:digital der Joachim Herz-Stiftung (Meßinger-Koppelt, 2017) erhoben wurden, die Voraussetzungen Lehramtsstudierender der naturwissenschaftlichen Fächer dargestellt, um eine Standardformulierung und Lehrgestaltung empirisch zu fundieren.

Theoretischer Rahmen

Dem Verständnis von Weinert (2001) folgend beinhaltet die professionelle Kompetenz von angehenden Lehrkräften zum Einsatz digitaler Werkzeuge sowohl professionelles Wissen, als auch damit verbundene Einstellungen und motivationale Orientierung (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Während sich Lehrveranstaltungen zu digitalen Medien im Naturwissenschaftsunterricht meist darin unterscheiden, welcher Wissenserwerb angestrebt wird, teilen sie meist Ziele bzgl. des Aufbaus adäquater Einstellungen und motivationalen Orientierungen. Als Heuristik zur Beschreibung dieser Variablen wurde die *Theory of planned behavior* herangezogen (Fishbein & Ajzen, 2010). Als relevante Einflussfaktoren für den späteren Einsatz digitaler Medien im Unterricht lassen sich dabei die folgenden Konstrukte betrachten:

- Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien
- soziale Normerwartungen zur Verwendung digitaler Medien im Unterricht
- subjektiv wahrgenommene *constraints* zum Medieneinsatz
- Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. verschiedener Medieneinsatzformen im NW-Unterricht
- Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Inwiefern die Ausprägung dieser Variablen bei Studierenden von ihrem digitalen Mediennutzungsverhalten und ihren Vorerfahrungen mit digitalen Medien in der Schule und während des Lehramtsstudiums abhängen, soll im Folgenden dargestellt werden.

Forschungsfragen
Im Zentrum dieses Beitrags stehen die folgenden Forschungsfragen:

1. *Voraussetzungen:* Welches allgemeine Mediennutzungsverhalten und welche Vorerfahrungen mit digitalen Medien weisen Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften auf?
2. *Zusammenhang:* In welchem Zusammenhang stehen Mediennutzungsverhalten und Vorerfahrungen mit Einstellungen und motivationalen Orientierungen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht?

Auf Basis der Ergebnisse werden Folgerungen für die Entwicklung von Standards für digitale Basiskompetenzen und die Gestaltung von Lehrveranstaltungen formuliert.

Stichprobe und Methode
Die Datenbasis der Analyse bilden die Ergebnisse einer Fragebogenuntersuchung von N=603 Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften von 15 Universitäten in Deutschland (Erhebungszeitraum: WiSe 16/17 – WiSe 18/19). 58.5% der Studierenden waren weiblich. Die durchschnittliche Fachsemesterzahl betrug 6.9 Semester. Die Verteilung auf Studienfächer war wie folgt: Biologie (30.0%), Chemie (30.7%), Physik (22.1%), Sachunterricht (23.7%) und Geographie (11.1%). Zur Erfassung der Variablen der TPB dienten vierstufige Likert-Skalen, die in einem Fragebogen zusammengefasst wurden (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019).

Ergebnisse
In den Abbildungen 1 und 2 sind die Antworten der Studierenden bzgl. ihres Mediennutzungsverhaltens und ihrer Vorerfahrungen dargestellt. Es fällt auf, dass Studierende während ihrer Schulzeit so gut wie keine bzw. nur Erfahrungen mit digitalen Medien im Unterricht zum Verfassen von Texten oder zur Nutzung von Lernvideos gemacht haben. Während des Studiums liegen hingegen viele Erfahrungen bzgl. dieser beiden Bereiche vor, ebenso zur Nutzung digitaler Fachbücher. Mit naturwissenschaftsspezifischen digitalen Werkzeugen haben aber über die Hälfte der Studierenden trotz einer Studiendauer von durchschnittlich sieben Semestern noch immer kaum gemacht. In eine ähnliche Richtung weisen die Ergebnisse zum Mediennutzungsverhalten der Studierenden. Über 90% der Studierenden nutzen digitale Medien oft bis sehr oft zur Informationssuche, zur Kommunikation (*social media*), über 70% oft bis sehr oft für Entertainment-Anwendungen (z.B. Filme). Kreatives Mediennutzungsverhalten (z.B. Erstellung von Webseiten, Videobearbeitung) zeigt hingegen ein Großteil der Studierenden (über 60%) nach Eigenangaben nie (vgl. auch Zawacki-Richter, 2015). Zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Erfahrungen, Mediennutzungsverhalten und den Variablen der TPB wurden Korrelationen berechnet. Dabei korreliert mit bedeutsamer Stärke nur das Ausmaß von Erfahrungen im Studium mit der Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht ($r=0.400$, $p<0.001$) und mit der Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht ($r=0.311$, $p<0.001$). Generell weisen die Studierenden eine eher positive Einstellung zu digitalen Medien auf, verfügen aber über eine eher geringe Selbstwirksamkeitserwartung zum Einsatz im Unterricht (vertiefende Analyse vgl. Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019), die wiederum Effekte auf die Motivation zum Einsatz hat.

Folgerungen
Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse kann bei der Gestaltung von Lehrveranstaltungen zur Nutzung digitaler Medien im Naturwissenschaftsunterricht davon ausgegangen werden,

dass die Studierenden so gut wie keine Erfahrungen zu einem konstruktiven Medienumgang mitbringen. Dies umfasst auch für die Naturwissenschaften so wichtige Anwendungsszenarien wie die digitale Messwerterfassung, Datenverarbeitung oder das digitale Aufbereiten von Lerninhalten. In Lehrveranstaltungen kann daher bei durchschnittlichen Studierenden auch im siebten Semester von so gut wie keinen Kenntnissen ausgegangen werden. Dementsprechend müssen auch Grundlagenfertigkeiten (z.B. der Umgang mit Tabellenkalkulationen) in die Lehre integriert werden, wenn diese eine Voraussetzung für die Nutzung naturwissenschaftsspezifischer Anwendungen sind. Derartige Fertigkeiten müssen zugleich bei der Formulierung von Standards für digitale Basiskompetenzen ebenfalls integriert werden. Das Konkretisieren von Kompetenzerwartungen an die digitale Lehre muss daher auf einer feineren Ebene erfolgen, als es bspw. die bisherigen Vorschläge der KMK (2016) oder die *DigCompEdu* (European Commission, 2018) nahelegen. Damit aufzubauendes Selbstwirksamkeitsempfinden ist ein wirksamer Hebel in der Ausbildung.

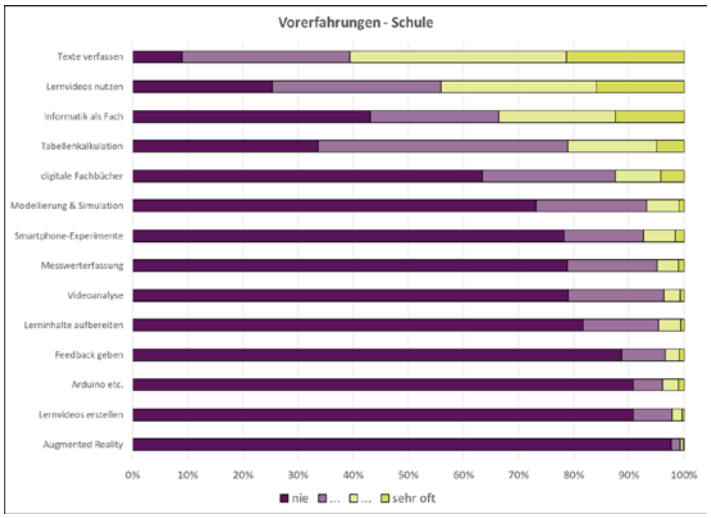


Abb. 1 Schulische lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien

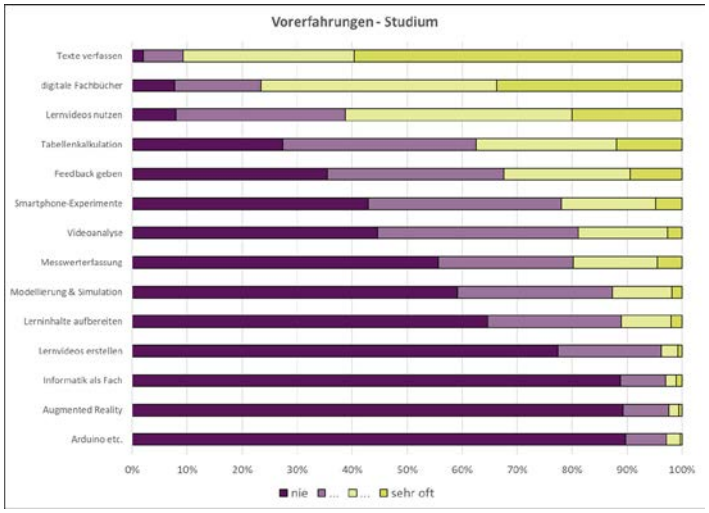


Abb. 2 Schulische lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien

Hinweis
Diese Untersuchung wurde gefördert im Rahmen des Kollegs *Didaktik:digital* der Joachim Herz-Stiftung.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520.

European Commission (Hrsg.). (2018). Europäischer Rahmen für die Digitale Kompetenz von Lehrenden, Online: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/digcompedu_leaflet_de-2018-09-21pdf.pdf (14.10.2019)

Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior: The reasoned action approach. New York: Psychology Press.

KMK (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2013.

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016.

Meßinger-Koppelt, J. (2017). Kolleg Didaktik:digital. URL: https://www.joachim-herz-stiftung.de/was-wir-tun/naturwissenschaften-begreifen/naturwissenschaften-vermitteln/kolleg-didaktik:digital/. (Zugriff: 12. März 2017).

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1-15.

Weinert, F. E. (2001). Leistungsmessung in Schulen - Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.). Leistungsmessung in Schulen (S. 17-32). Weinheim: Beltz.

Zawacki-Richter, O. (2015). Zur Mediennutzung im Studium – unter besonderer Berücksichtigung heterogener Studierender. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18(3), 527–549.

Lars-Jochen Thoms[1] [1]Universität München
Alexander Finger[2] [2]Universität Leipzig
Daniel Laumann[3] [3]Universität Münster
Christoph Vogelsang[4] [4]Universität Paderborn
Peter Mayer[1] [5]Technische Universität Kaiserslautern
Christoph Thyssen[5]

Fachbezogene Förderung des Einsatzes digitaler Medien

Lehrkräfte sollten darauf vorbereitet sein, digitale Medien als wirksames Unterrichtswerkzeug einsetzen zu können. Dazu wurden an dreizehn deutschen Universitäten neue Seminare für angehende Lehrkräfte der Naturwissenschaften entwickelt. Umfragen vor und nach der Intervention wurden durchgeführt, um die Wirksamkeit der Maßnahmen und die Änderung der Einstellung der Teilnehmenden gegenüber dem Lernen mit digitalen Medien zu bewerten (Finger, Thyssen, Laumann & Vogelsang, in diesem Band). Um diese Bewertung über die Universitäten hinweg mit den jeweils intendierten kognitiven und affektiven Lernzielen in Beziehung setzen zu können, wurden die Dozierenden auch nach den angestrebten Zielen in ihren eigenen Kursen befragt. Im ersten Teil dieses Beitrags wird zunächst erörtert, inwiefern sich Effekte erreichen lassen, die sich mit den Zielsetzungen der Interventionen decken. Im zweiten Teil dieses Beitrags werden Ergebnisse aus der Begleitforschung zu Lehrerfortbildungen für die zweite und dritte Phase vorgestellt. Diese Fortbildungen wurden mit dem Ziel angeboten, die Bereitschaft und Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht zu erhöhen. Untersucht wurden schließlich Einflussfaktoren auf die Intention, selbst im Unterricht digitale Medien einzusetzen.

Wirkungsanalyse und Evaluation der Lehrvorhaben im Kolleg Didaktik:digital

Die *Joachim Herz Stiftung* fördert die Entwicklung und Erprobung von Lehrkonzepten zum Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (Meßinger-Koppelt, 2015). In einer Studie wurden alle Lehrveranstaltungen mit dem gleichen standardisierten Fragebogen evaluiert.

Methoden

Für die Evaluation der entwickelten Lehrkonzepte wurde der bei Finger et al. (in diesem Band) vorgestellte Fragebogen verwendet, welcher folgende Konstrukte abdeckt: Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien, soziale Normerwartungen, subjektive Constraints, Selbstwirksamkeitserwartungen und Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Zusätzlich zu den 186 teilnehmenden Studierenden wurden die 12 Dozierenden befragt (Vogelsang, Laumann, Thyssen & Finger, 2019). Dabei erhielten Sie die gleichen Items wie in der Studierendenbefragung, sollten aber das Antwortverhalten der Studierenden einschätzen. Zu jedem Item erhielten die Kursleiter zwei Fragen:

- Welche Veränderungen hast Du vor Durchführung der Veranstaltung erwartet?
- Welche Veränderungen erwartest Du nach der Durchführung der Veranstaltung?

Als Antwortalternativen standen zur Verfügung: „*Zustimmung nimmt ab*“, „*keine Veränderung*“ oder „*Zustimmung nimmt zu*“.

Folgenden zwei Forschungsfragen wurde in dieser Studie nachgegangen:

- Wie verändern sich Einstellungen, Motivation, Normerwartungen, subjektive Constraints und Selbstwirksamkeitserwartung der teilnehmenden **Studierenden** im Verlauf der entwickelten Lehr-Projekte?
- Wie schätzen **Dozierende** den Einfluss ihres Lehrkonzeptes auf Einstellungen, Motivation, Normerwartungen, subjektive Constraints und Selbstwirksamkeitserwartung der teilneh-

menden **Studierenden** ein und wie stark decken sich die Veränderungen in den Zielgrößen mit den eigenen Zielsetzungen?

Ergebnisse und Zwischendiskussion
Die tatsächlichen Veränderungen in den fünf untersuchten Konstrukten sind meist kleiner als von den Dozierenden erwartet (Abb. 1). Eine besonders große Diskrepanz zeigt sich zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Einfluss der Lehrvorhaben auf die Normerwartungen. Insgesamt wird also die Wirksamkeit der Lehre bezüglich einer Verbesserung motivationaler Parameter von den Dozierenden überschätzt. Der Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung wird dagegen von den Lehrenden unterschätzt.

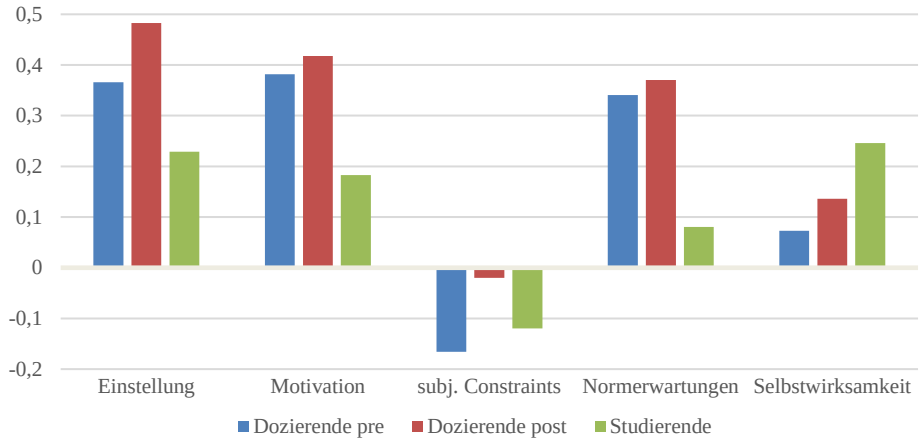


Abb.1: Ergebnisse der Dozierenden-Befragung (vgl. Vogelsang et al., 2019).

Akzeptanz multimedialer Anwendungen durch Physiklehrkräfte
Nach Idcgatekiva und Lindner (2015) schöpfen Lehrkräfte die Möglichkeiten, die der Einsatz von Multimedia im Unterricht bietet, nicht voll aus. Stattdessen wenden diese weiterhin traditionelle Präsentationsmethoden an. Idcgatekiva und Lindner (2015) führen dies unter anderem auf mangelndes Wissen über die Einsatzmöglichkeiten von Multimedia im Unterricht und die pädagogischen Auswirkungen auf den einzelnen Lernenden zurück. Darüber hinaus ist die Akzeptanz neuer Technologien seitens der Lehrkräfte eine wesentliche Voraussetzung für den tatsächlichen Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Dem entsprechend untersucht die zweite hier zusammengefasste Studie ausgehend von einem erweiterten Technologieakzeptanzmodell (TAM, vgl. Davis, 1986, 1989; Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989) den Einfluss des *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK, vgl. Koehler et al. 2014; Mishra & Koehler, 2006) von Lehrkräften in der zweiten und dritten Ausbildungsphase auf ihr Akzeptanzverhalten gegenüber digitalen Medien.

Methoden
An der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde eine Lehrerfortbildung zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht entwickelt, um die Bereitschaft und Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht zu erhöhen und Einflussfaktoren auf das Akzeptanzverhalten zu untersuchen (Mayer & Girwidz, 2019).
An den Workshops nahmen 174 Lehrkräfte teil. Die Lehrerinnen und Lehrer wurden in eine Pre-Post-Survey-Design mit einem adaptierten Fragebogen zu folgenden Konstrukten befragt: Selbsteinschätzung des TPACK, Relevanz für die eigene Arbeit, wahrgenommener Nutzen

für Schülerinnen und Schüler, Einfachheit der Bedienung, wahrgenommener persönlicher Nutzen, Intention zum Einsatz digitaler Medien und Akzeptanzverhalten.

Ergebnisse und Zwischendiskussion

Zur Untersuchung des Einflusses des TPACK wurde ein auf dem TAM basierendes und um unterrichtsrelevante Aspekte erweitertes Strukturgleichungsmodell berechnet (Abb. 2; Mayer & Girwidz, 2019). Insgesamt kann gezeigt werden, dass TPACK einen sehr starken Einfluss auf die wahrgenommene „Einfachheit der Bedienung" von Multimedia-Anwendungen hat. Ebenso hat TPACK einen starken Einfluss auf den von der Lehrkraft wahrgenommenen „Nutzen für Schülerinnen und Schüler". Der Einfluss von TPACK auf die Beurteilung der persönlichen beruflichen „Relevanz für die eigene Arbeit" ist ebenfalls hoch signifikant. Lediglich der Einfluss von TPACK auf den „wahrgenommenen persönlichen Nutzen" ist nicht signifikant und hat ebenfalls eine geringe Ladung.

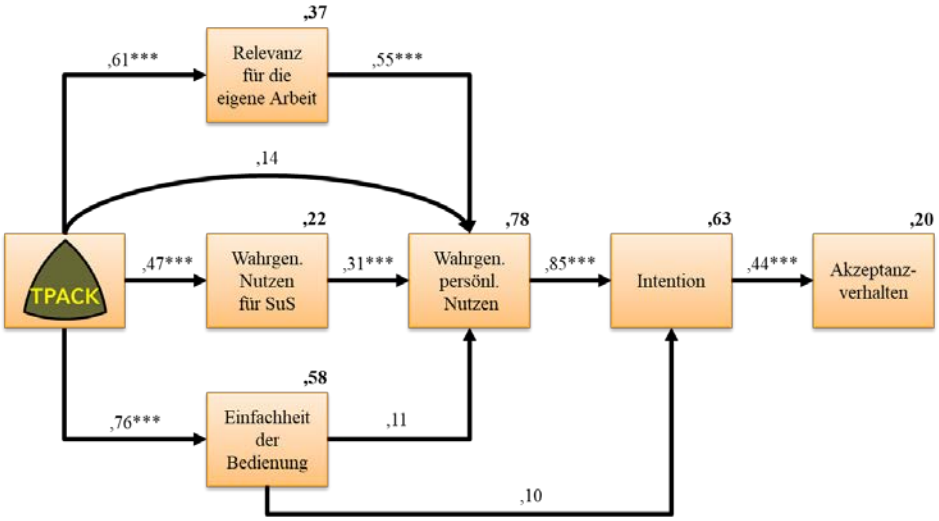


Abb.2: Strukturgleichungsmodell zum erweiterten Technologieakzeptanzmodell (nach Mayer & Girwidz, 2019). $CMIN/DF = 1{,}92$*;* $RMSEA = 0{,}073$*;* $CFI = 0{,}79$*;* $^{***}p < 0{,}001$.

Fazit und Ausblick

Interessanterweise zeigen die Ergebnisse der Studie, dass TPACK keinen signifikanten Einfluss auf den „wahrgenommenen persönlichen Nutzen" von Multimedia-Anwendungen im Physikunterricht hat. Dennoch kann die Vorhersage des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimedia-Anwendungen im Physikunterricht durch die Erweiterung des adaptierten TAM um TPACK verbessert werden.

In beiden Studien haben Lernende und Lehrende wiederholt einen Mangel an Vorkenntnissen für eine erfolgreiche Teilnahme beschrieben. Um diesem vorzubeugen, sollten digitale Kompetenzen schrittweise während der Lehramtsausbildung aufgebaut werden. Der starke Einfluss des TPACK zeigt, dass digitale Kompetenzen fachbezogen gefördert werden sollten. Ein fachbezogener Orientierungsrahmen für die Naturwissenschaften wird benötigt, um Mindeststandards in digitalen Kompetenzen zu definieren und zu strukturieren.

Basierend auf den Erkenntnissen wird im dritten Beitrag zu diesem Symposium ein Orientierungsrahmen für digitale Kompetenzen angehender Lehrkräfte in den Naturwissenschaften vorgestellt und diskutiert (Kremser et al., in diesem Band).

Literatur

Davis, F. (1986). *Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results* (Dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly, 13*, 319–339.

Davis, F., Bagozzi, R., & Warshaw, P. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science, 35*(8), 982–1003.

Finger, A., Thyssen, C., Laumann, D. & Vogelsang, C. (in diesem Band). Analyse von Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Idcgatekiva, T., & Lindner, M. (2015). Multimedia: A suitable tool for project-based education: A survey among czech, slovakian and german biology teachers. In M. Rusek (Ed.), *Projectbased education in science education* (pp. 81–87). Prague.

Koehler, M.J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T.S. & Graham, C.R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In: Spector J., Merrill M., Elen J., Bishop M. (Eds.) *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Springer, New York, NY.

Kremser, E., Becker, S., Bruckermann, T., von Kotzebue, L., Thyssen, C., Thoms, L.-J. & Finger, A. (in diesem Band). Orientierungsrahmen für den Aufbau digitaler Basiskompetenzen.

Mayer, P. & Girwidz, R. (2019). Physics Teachers' Acceptance of Multimedia Applications—Adaptation of the Technology Acceptance Model to Investigate the Influence of TPACK on Physics Teachers' Acceptance Behavior of Multimedia Applications. *Frontiers in Education, 4*, 71.

Meßinger-Koppelt, J. (2015). Kolleg Didaktik:digital. https://www.joachim-herz-stiftung.de/was-wir-tun/naturwissenschaften-begreifen/naturwissenschaften-vermitteln/kolleg-didaktik:digital/ (abgerufen am 14.10.2019)

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *The Teachers College Record*, *108*(6), 1017–1054.

Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Vogelsang, C., Laumann, D., Thyssen, C., & Finger, A. (2019). Den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht lehren: Untersuchung der Lehrinitiative Didaktik:digital im Spannungsfeld von standortübergreifender Wirkungsanalyse und standortspezifischer Evaluation. In S. Heuchemer, B. Szczyrba, & S. Spöth (Hrsg.), *Forschung und Innovation in der Hochschulbildung: Vol. 4. Hochschuldidaktik erforscht Qualität* (S. 115–127). Köln: Bibliothek der Technischen Hochschule Köln.

Erik Kremser[1] [1]Technische Universität Darmstadt
Sebastian Becker[2] [2]Technische Universität Kaiserslautern
Till Bruckermann[3] [3]IPN Kiel
Lena von Kotzebue[4] [4]Universität Salzburg
Christoph Thyssen[2] [5]LMU München
Lars-Jochen Thoms[5] [6]Universität Leipzig
Alexander Finger[6]

Orientierungsrahmen für den Aufbau digitaler Basiskompetenzen

Ausgangslage
Schulen und Universitäten stehen vor der Herausforderung die Digitalisierung erfolgreich umzusetzen. Lehramtsstudierende in naturwissenschaftlichen Fächern haben allerdings nur wenig Erfahrung in der Nutzung digitaler Technik (vgl. Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). Um die Anforderungen zu strukturieren, trifft DigCompEdu allgemeine pädagogische Vorgaben auf europäischer Ebene (Redecker 2017). Für eine Umsetzung fehlen allerdings fachspezifische Konkretisierungen. Doch gerade wenn im Fachbezug der Nutzen digitaler Technik deutlich wird, können die digitalen Kompetenzen Lehrender positiv beeinflusst werden (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019).

Hintergrund
Die universitäre Lehre steht vor dem Problem, dass die momentan Studierenden, nicht wie erhofft, über ein breites aktives Repertoire an Kompetenzen und Erfahrungen mit digitalen Medien verfügen, sondern eher ein passiv rezeptives sowie unterhaltungsorientiertes Nutzungsverhalten aufweisen. Dies wird durch passive Nutzungserfahrungen aus der eigenen Schulzeit verstärkt, so dass aktive und vor allem konstruktive Nutzungsszenarien, wie die computerunterstützte Messwerterfassung oder das Erstellung von Videos, nicht oder nur sehr selten bei der Gestaltung von Unterricht berücksichtigt werden.
Doch universitäre Vorerfahrungen beeinflussen die Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien und die Selbstwirksamkeitserwartung positiv (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). Demnach ist es notwendig, die konstruktive Nutzung digitaler Medien in die Lehramtsstudiengänge zu integrieren.

Orientierungsrahmen
Um Studierenden die notwendigen Kompetenzen im Rahmen eines Lehramtsstudiums vermitteln zu können, müssen diese zunächst für Nutzungs- und Anforderungsszenarien identifiziert werden. Dies kann nur im Kontext der spezifischen fachlichen Inhalte geschehen, um den jeweiligen Einsatz nachzuvollziehen sowie die Reflexion über den Einsatz von geeigneten digitalen Medien zu erlernen. Hierbei werden die allgemein beschriebenen Kompetenzen der DigCompEdu (Redecker, 2017) durch Formulierungen im Tätigkeitsfeld der Fachdidaktiken der Naturwissenschaften angepasst, um einen Rahmen zur Organisation der Vermittlung notwendiger Kompetenzen zu erstellen.
Hierdurch ergibt sich ein Orientierungsrahmen für die naturwissenschaftlichen Fächer, der in neun Kompetenzbereiche gegliedert ist (Abb. 1) und Möglichkeiten zur Erweiterung sowie zum Anschluss in der zweiten und dritten Phase der Ausbildung bietet. Als Beispiel ist hier der rechtliche Rahmen zu nennen, der durch die Vorgaben der Kultusministerien der Bundesländer gegeben ist. Technische Basiskompetenzen sind für die Kompetenzbereiche grundlegend, können aber erst nach Wahl des Mediums und der Methode spezifiziert werden. Jeder Kompetenzbereich ist horizontal durch das TPACK-Modell (Mishra &

Koehler, 2006) und vertikal durch Anforderungsbereiche (I) „nennen“, (II) “beschreiben” und (III) „anwenden/durchführen“ gegliedert (vgl. Tabelle 1).

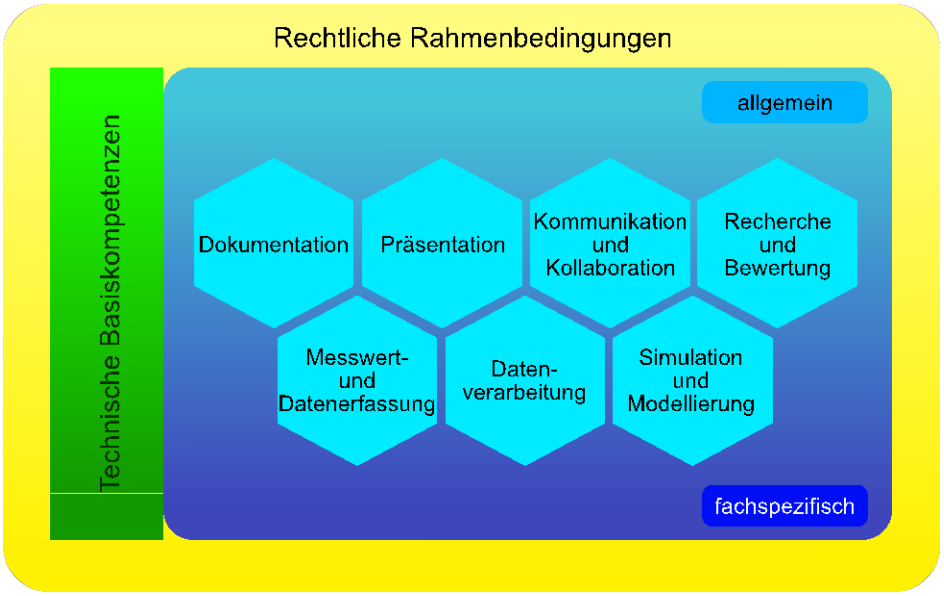


Abb.1: Orientierungsrahmen für die Naturwissenschaften

Beispielhaft werden hier die identifizierten Kompetenzen der „Messwert- und Datenerfassung“ thematisiert, weil dieser Kompetenzbereich für die Naturwissenschaften von großer Bedeutung, den Studierenden aus dem Studium aber nur wenig bekannt ist (vgl. Vogelsang et al. 2019).

	TPACK	**TPK**	**TCK**	**TK**
Dig Comp Edu	2; 3.1; 3.3; 3.4; 5; 6	2; 3; 5; 6	2.1; 2.3; 3	1.3; 2; 3; 5; 6.5
(I)	untersch ie dliche Szenarien für den sachgerechten Einsatz digi taler Messwerterfassung (z.B. dig it ale Waage, Wärmebildkamera, computer-unterstützte Mess-werterfassu ngs - systeme, mob ile Endgeräte) zur Datener fass ung und Messstrategie n in einem spezifischen Lehr-Lern-Prozess • Wärmeb ild-kameras (z.B. Veränderung Hauttemperatur bei Sport oder beim Rauchen)	Vor- und Nachteile, die sich method is ch ergeben, typische Eigenschaften sowie die Grenzen der jeweiligen Geräte (z.B. Messwert-erfass ung , Wärme-bildkamera, mobi le Endgerät), deren Sensore n (z.B. Tem-peratursensoren) und Software zur Daten-er fassung bzw. Strategien zur Datenerfassung und Vis ualisie rung dies er bezogen auf einen Lehr-Lern-Prozess u nter Berücksichti-gung von Sicher-heitsst anda rds,	drei Möglichkeite n/ Szenarien, die sich durch Verwendung von • digi taler Mess-werter fassu ng (z.B. Videoana lyse, Aufnahme eines EKG), pH-Wert-Erfassu ng) • Messinstrumenten mit dig itale r Messwerterfassung (z.B. Wäm1ebild-kameras) • mobilen Endgeräten mit Kameras und Sensoren ergeben (unter Berücksic htigung von Sicherheits - standards) und	drei Möglichkeiten dig italer Mess-werterfassung , z.B. • Analyse von M ultimedia - material (z.B. Colorime trie, Videoana lyse • Comp uterunter - stützte Mess-werterfassungs - systeme (z.B. EKG-Senso r, pH-Sensor, Be-wegungssensor) • Messinstrumente mit digitaler Messwe rt-erfassung, die Messdaten zur Weiterver - arbeitung zur

	• computerunterstützte Messwerterfassung (z.B. Bestimmung Nitratgehalt eines Gewässers) • mobile Endgeräte (z.B. Analyse Flüglsch lagfrequenz von Insekten)	Zeitaufwand, Einweisungszeit und mögl icher sozialer Konsequenzen	Datenschutz) und den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen	Verfügung stellen (u.a. digitale Wagen, Wärmebildkameras) • Smartphone und Tablets mit eingebauter Kamera (auch Zeitraffer- und Zeitlupenaufnahmen) und Sensoren als Messwerterfassungs- und Messwertbearbeitungsgerät
(II)	• didaktische Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme im Unterricht (z.B. individuell angepasste Instruktionen), • Auswirkungen der Messwerterfassung /des Präsentations-medi ums/des Datenaustauschs auf die jeweilige Unterrichtsmethode (z.B. forschend entdeckendes Lernen mit mobilen Endgeräten)	pädagogische Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme (z.B. Messung von Körpermesswerten (u.a. EKG) als Größe für den Biologie-, Chemie- oder Physikunterricht gegenübergestellt möglicher sozialer Konsequenzen und dem Zeitbedarf	• Eigenschaften, Grenzen und Möglichkeiten (z.B. Szenarien) der jeweiligen Messwerterfassungssysteme • fachspezifische Anwendungen und (fachspezifische) Probleme bei der Arbeit mit externen und integrierten Sensoren (z.B. Kalibrierung von pH-Elektroden, Temperatursensor im mobilen Endgerät misst ohne externen Messfühler Temperatur im Innenraum des mobilen Endgerätes)	• zu jeder Art der Messwerterfassung mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung unter Bezugnahme auf aktuelle Hard- und Software, sowie damit verbundenen Standards • die Messcharakteristika der Systeme
(III)	reflektierter Unterrichtsszenarien im geschützten Umfeld der Universität unter Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen		Aufnahme von Messwerten unter Verwendung digitaler Messsensoren • z.B. Durchführung einer Elektrokardiographie • z.B. Durchführung einer Titration • z.B. quantitative Untersuchung von Stoßversuchen	einer Erfassung zu jeder Art der Messwerterfassung unter Auswahl eines geeigneten Verfahrens und unter Berücksichtigung von Standards (z.B. Kalibrieren)

Tabelle 1: Identifizierte Kompetenzen des Kompetenzbereichs „Messwert- und Datenerfassung“ des Orientierungsrahmens für Naturwissenschaften

Literatur

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record, 108*, 1017-1054. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Y. (Ed.), Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi: 10.2760/159770

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. doi: 10.1007/s40573-019-00095-6

Brigitte Pflüger-Schmezer[1]
Jens-Peter Knemeyer[2]
Nicole Marmé[2]

[1] Forscherstation Heidelberg
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Analog & Digital – dem Geruch auf der Spur

Einleitung

Rasante Entwicklungen in der Gesellschaft stellen die Schulen vor große Herausforderungen. Gerade die Beherrschung von digitalen Medien und Programmierkenntnissen ist auf dem Weg neben Lesen, Schreiben und Rechnen zur Kulturtechnik zu werden. Alles digital – so das Schlagwort. Ab sofort bitte digitale Durchstarter, statt analoge Analphabeten. Wichtig ist jedoch auch, dass bei dem Blick in die Zukunft die Gegenwart des Kindes nicht verloren geht. Die Antwort daher ist: wie können wir in der Schule analoge und digitale Angebote sinnvoll vernetzen. Dazu bietet die Forscherstation Heidelberg[1], das Klaus Tschira Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung, Lehrerinnen und Lehrern eine Sequenz in ihrer Fortbildungsreihe „Der Welt auf der Spur“ an. Die Forscherstation ist ein An-Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Ihr Ziel ist es, pädagogische Fachkräfte aus Krippe, Kindergarten und Grundschule für Naturwissenschaften zu begeistern, damit sie gemeinsam mit Kindern die Welt entdecken. Dafür setzt die Forscherstation auf berufsbegleitende Fortbildungen, die Bereitstellung geeigneter Experimentierideen, praxisbezogene Forschung sowie die Qualifizierung wissenschaftlichen Nachwuchses. Seit 2006 haben rund 1.800 pädagogische Fach- und Lehrkräfte aus rund 350 Kitas und Grundschulen der Rhein-Neckar-Region die kostenlosen Angebote der Forscherstation genutzt und an Fortbildungen teilgenommen. Die Fortbildungen bestehen aus fünf Einzelterminen, die sich über ein halbes Jahr erstrecken. Studien belegen (Egert 2015; Lipowsky 2019), dass erst bei Fortbildungsreihen über einen längeren Zeitraum Verhaltensänderungen nachweisen lassen.

Lehrkräftefortbildung „Analog & Digital – dem Geruch auf der Spur“

Ein Angebot der Forscherstation für Lehrkräfte der Grundschule ist die Fortbildungsreihe „Der Welt auf der Spur“. Diese Fortbildungsreihe wird in zwei Teilen mit jeweils fünf Terminen angeboten. Das Vermitteln von anwendungsbezogenem Wissen, ein methodischer Aufbau von Input, Erprobung, Reflexion zum einen in der Fortbildung, zum anderen in der Aktivierung der direkten Umsetzungsmöglichkeit im Unterricht, stehen im Mittelpunkt. Inhalte sind Experimente und Lernumgebungen mit Alltagsgegenständen, sowie Grundwissen zu naturwissenschaftlichen Themen und ein Portfolio zu anschlussfähigen Konzepten im Sinne von Scientific Literacy. Im Rahmen dieser Fortbildungsreihe werden die verbindlichen Experimente aus dem Sachunterricht Baden-Württemberg behandelt wie bspw. Experimente zur Hebelwirkung, zu Luft, Wasser, Licht, Schall, Energie. Außerdem werden die Keimung und Wachstum von Pflanzen und der Geschmack- und Geruchssinn aufgegriffen.
Die Fortbildungssequenz „Analog & Digital“ ist Teil der Unterrichtseinheit Sinne. Inhaltlich erlangen die TeilnehmerInnen Wissen über Sinne, wie sie funktionieren und welche Erfahrungen die Kinder der Schuleingangsstufe machen können. Außerdem wird behandelt, welche Kompetenzen die Kinder erwerben sollen, was der Unterschied zwischen Geruch und Geschmack ist und wozu wir überhaupt unsere Sinne benötigen.
Die Teilnehmenden erleben in der Fortbildung im Sinne des pädagogischen Doppeldeckers - indem sie selbst alle wichtigen Experimentiererfahrungen machen dürfen - Lernumgebungen zu den Sinnen. Der Einheit ist das Thema „Kräuter“ übergeordnet. Hierbei werden inhaltlich folgende Themen behandelt:

[1] www.forscherstation.info

- Differenzierung Geruch und Geschmack
- Differenzierung der fünf Geschmacksrichtungen
- Aufbau von Nase und Geschmacksknospen
- Geschmackstäuschungen
- Frische und aromatisierte Lebensmittel
- Geruchserkennungsspiele

Die Einheit schließt mit einem Kräuter-Riechmemory. Ziel des Memorys ist es, heimische Kräuter kennenzulernen, Kräuter zu bestimmen, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anzuwenden, ein Referenzgedächtnis aufzubauen und einen Bezug zu Ernährung und Gesundheitserziehung herzustellen. Mit einem Kräuterkorb bestehend aus heimischen Kräutern wie Petersilie, Kresse, Pfefferminze, Thymian, Lavendel etc. erleben die Teilnehmenden das Bestimmen der Kräuter mit allen Sinnen. Es wird optisch, haptisch, gustatorisch und olfaktorisch gearbeitet. Die Kräuter werden benannt, klassifiziert und geordnet. Dadurch entstehen Erfahrungen mit der Natur und die Teilnehmenden erlernen einfache Bestimmungstechniken oder den Umgang mit der Lupe. In weiteren Schritten werden die Kräuter beispielsweise zu Kräuterbutter verarbeitet um den Anschluss zu Ernährung herzustellen.

Mit dem Bee-Bot Computer- und Digitalkompetenzen fördern

Die oben beschriebene analoge Basis ist die Grundlage zum anschließenden digitalen Schritt. Nach der analogen Phase kann davon ausgegangen werden, dass die Kinder ein Referenzgedächtnis entwickelt haben. Dieses brauchen sie als Grundlage für ein Riechmemory, dem eine digitale Lernumgebung zugrunde liegt. Hierzu wird der Bee-Bot (www.bee-bot.us), ein sehr einfacher Bodenroboter im Bienenkostüm eingesetzt. Dieser eignet sich besonders für den Einstieg in die Programmierung in der Grundschule, da er über lediglich sieben Tasten direkt auf dem Rücken programmiert werden kann, so dass keinerlei Code geschrieben und vom Computer auf den Roboter übertragen werden müssen. Es können nur die Befehle (vor, zurück, drehe 90° nach links und drehe 90° nach rechts, Pause) eingegeben werden, die anschließend beim Betätigen der Start-Taste ausgeführt werden. Dabei lernen die Kinder spielerisch wichtige Prinzipien der Programmierung, wie bspw. das (logische) Aneinanderreihen von einzelnen Befehlen, die dann beim Aufrufen des Programms nacheinander (sequenziell) abgearbeitet werden.

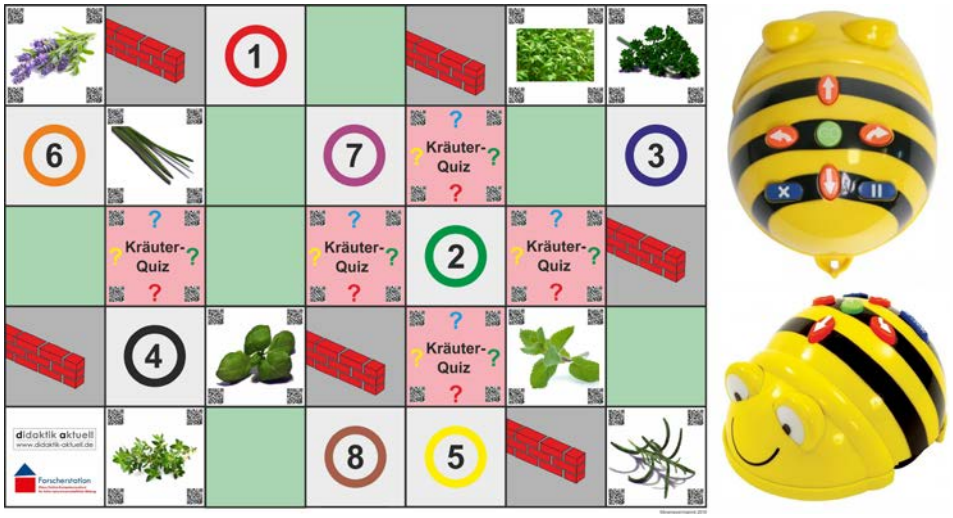


Abb. 1: links: Bodenmatte für das Riechmemory; rechts: Bee-Bot

In der Arbeitsgruppe „didaktik-aktuell“ der Pädagogischen Hochschule Heidelberg (www.didaktik-aktuell.de) wurde als zentraler Bestandteil des Kräuter-Riechmemories eine Bodenmatte mit 5x7 Feldern entwickelt, auf der sich der Bee-Bot bewegen kann (Marmé, Plüger-Schmezer, Knemeyer 2019). Hier sind verschiedene Kräuter, Zahlen und einige Zusatzfelder abgebildet. Zusätzlich werden undurchsichtige Dosen (bspw. Filmdosen) bereitgestellt, in denen sich die verschiedenen Kräuter als Riechprobe befinden. Zunächst nimmt ein Kind eine Dose und stellt den Bee-Bot auf das Feld mit der Zahl die auf dem Dosenboden angegeben ist. Dann riecht es an der Probe und versucht den Bee-Bot so zu programmieren, dass er zur Abbildung des Krauts auf der Bodenmatte fährt, welches es gerochen hat. Ist der Bee-Bot dort angekommen, muss mittels eines Tablets ein neben dem Kraut abgebildeter QR-Code eingelesen werden. Die entsprechende Internetseite verrät dem Kind dann, ob es richtig liegt oder nicht. Wenn ja, bekommt es eine Karte mit dem entsprechenden Kraut, die mit nach Hause genommen werden darf. Auf der Karte befindet sich ein weiter QR-Code, der beispielsweise auf ein einfaches Rezept mit diesem Kraut weiterleitet, so dass sich die SchülerInnen auch zu Hause, ggf. mit den Eltern, mit dem Thema Kräuter weiter beschäftigen kann. Die Internetseiten sind Teil des Webauftritts eines virtuellen Kräutergartens (www.krautergarten.lucycity.de) in der virtuellen Lernstadt Lucycity (Marmé, Knemeyer 2011). Auf den Seiten von Lucy´s Kräutergarten können die SchülerInnen noch weitere Informationen zu den Kräutern abrufen.

Mit der Einheit zum Thema Sinne: „Digital & Analog – dem Geruch auf der Spur“ kann schon in der Primarstufe ein anschlussfähiges Konzept zu Programmier-, Medien- und IT-Kompetenz vermittelt werden. Das Beispiel Kräutermemory – analog und digital zeigt, wie naturwissenschaftliche und digitale Bildung miteinander verknüpft und dadurch Kompetenzen erworben werden, die die Kinder befähigen an einer für sie adaptierten naturwissenschaftlichen, medialen und technischen Welt teilzunehmen.

Literatur

Egert, F. (2015). Meta-analysis on the impact of in-service professional development programs for preschool teachers on quality ratings and child outcomes. Inauguraldissertation. Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg. Online verfügbar unter http://d-nb.info/1081935197/34

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2019). Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Fortbildungen für Lehrkräfte. In P. Platzbecker & B. Priebe (Hrsg.), Zur Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Lehrerfortbildung. Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung Katholischer Lehrerfort- und -weiterbildung (S. 34-74). Dokumentation der Fachtagung vom 26.-27. September 2018 in Wermelskirchen. URL:https://www.iflfortbildung.de/fileadmin/user_upload/20190329_IfL_Fachtagung_Fortbildungsqualitaet_V5.

Marmé, N. & Knemeyer, J.P. (2011). Lucycity – eine virtuelle Lernstadt. In GDCP “Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie, 300-302

Marmé N., Pflüger-Schmezer B., Münch B., Knemeyer J.P. (2019). Bee-Bots - Programmieren im Sachunterricht." In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 452). Universität Regensburg

Christian Förtsch[1] [1]LMU München
Birgit J. Neuhaus[1] [1]LMU München
Andreas Nehring[2] [2]Leibniz Universität Hannover

Naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtsqualitätsforschung zwischen generischen und fachspezifischen Merkmalen

Die Frage nach der Erfassung und Beschreibung von Unterrichtsqualität steht seit Jahrzehnten im Fokus der empirischen Unterrichtsforschung. Hieraus entstanden verschiedene Sammlungen von einzelnen generischen Merkmalen, die Unterrichtsqualität ausmachen (vgl. Brophy & Good, 1986; Fraser et al., 1987; Helmke, 2014). Derartige Auflistungen von Merkmalen wurde durch eine Systematisierung zu drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität zusammengefasst (Klieme et al., 2001). Diese generischen Merkmale in Form der drei Basisdimensionen stehen in Videostudien zur Unterrichtsqualität häufig im Zentrum der Analysen (vgl. Dorfner et al., 2017). Neben generischen Merkmalen spielen allerdings auch fachspezifische Merkmale von Unterrichtsqualität eine wichtige Rolle für erfolgreichen Unterricht (vgl. Seidel & Shavelson, 2007).

Die drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität

Vor allem in deutschsprachigem Raum ist die Beschreibung von Unterrichtsqualität durch die drei Basisdimensionen sehr verbreitet (Baumert et al., 2010; Dorfner et al., 2017; Klieme et al., 2001; Lipowsky et al., 2009; Praetorius, et al., 2018). Allerdings finden sich auch ähnliche Ansätze wie das CLASS-S framework im englischsprachigem Raum (Pianta et al., 2012). Die drei Basisdimensionen gliedern sich dabei in *Klassenführung*, *konstruktive Unterstützung* und *kognitive Aktivierung*.

Klassenführung bezieht sich auf Strukturierung und Organisation des Unterrichts, sowie auf den Umgang mit Störungen. Konstruktive Unterstützung fasst Merkmale, die auf ein positives Lernklima im Klassenzimmer abzielen, zusammen. Darunter fallen Merkmale, wie eine positive Lehrer-Schüler-Beziehung und unterstützende Ansätze, wie konstruktives Feedback. Merkmale von kognitiver Aktivierung sind unter anderem die Förderung von tiefergehendem Verständnis und das Einbeziehen von Vorwissen (Klieme et al., 2001; Lipowsky et al., 2009; Praetorius et al., 2018). Angebot-Nutzungs-Modelle zur Wirkungsweise der drei Basisdimensionen gehen davon aus, dass kognitive Aktivierung über die Verarbeitungstiefe, konstruktive Unterstützung über das Erleben von Autonomie, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit, und Klassenführung vor allem über Time on task auf Schülervariablen wirken. Dabei wird angenommen, dass kognitive Aktivierung auf die Schülerleistung, konstruktive Unterstützung auf Schülermotivation und Klassenführung auf beide Variablen wirkt (Fauth et al., 2014; Lipowsky et al., 2009; Praetorius, et al., 2018).

Zusammenfassend beinhalten die drei Basisdimensionen vor allem generische Merkmale von Unterrichtsqualität. Dorfner et al. (2019a) zeigen, dass sich die Basisdimensionen zur inhaltunabhängigen Beschreibung von Unterrichtsqualität gut eignen, allerdings für die Beschreibung von Fachunterricht nicht ausreichend sind. Hierzu sind weitere fachspezifische Merkmale von Unterrichtsqualität nötig. Über den Zusammenhang der drei Basisdimensionen untereinander kann angenommen werden, dass Klassenführung und konstruktive Unterstützung als Voraussetzung für kognitive Aktivierung fungieren (Dorfner et al., 2018). Kognitive Aktivierung ist zudem die einzige Basisdimension, bei der sich Ansätze von fachspezifischen Merkmalen finden lassen (Dorfner et al., 2017; Schlesinger & Jentsch, 2016). Darauf aufbauend wird vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern eine Fülle von fachspezifischen Merkmalen diskutiert, die zusätzlich zu den generischen Basisdimensionen geeignet sind, um die Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht umfassend abzubilden.

Überblick der Symposiumsbeiträge

Die Symposiumsbeiträge beschäftigen sich alle mit Fragen der fachspezifischen Unterrichtsqualität und legen zum Teil unterschiedliche Ansätze zur Kategorisierung dieser Merkmale der Unterrichtsqualität zu Grunde.

Der erste Beitrag von Heinitz & Nehring (in diesem Band) zeigt ein systematisches Review zur Unterrichtsqualität, die in quantitativen Videostudien in den Naturwissenschaften bisher untersucht wurden.

Korneck, Szogs, Große und Krüger (in diesem Band) beschäftigen sich mit der Erhebung von (fachspezifischer) Unterrichtsqualität im Fach Physik im Rahmen von Microteachings.

Der dritte Beitrag von Kramer, Förtsch & Neuhaus (in diesem Band) legt einen Fokus auf die Diagnosekompetenz von Biologielehrkräften im Kontext von fachspezifischer Unterrichtsqualität.

Ansätze zur Operationalisierung fachspezifischer Merkmale von Unterrichtsqualität

Im Beitrag von Heinitz und Nehring wird eine Verortung von Unterrichtsqualitätskriterien in einem siebendimensionalen Framework vorgenommen. Das Framework beruht auf einer Synthese von bestehenden theoretischen Rahmungen der Unterrichtsqualität (Praetorius & Charalambous, 2018), die in Bezug auf den Mathematikunterricht umgesetzt wurde. In der Sprache der fächerübergreifend ausgerichteten allgemeinen Unterrichtsforschung werden dabei die Dimensionen Klassenführung, Auswahl und Einbindung von Inhalten und fachspezifischen Denk- und Arbeitsweisen, kognitive Aktivierung, Üben, sozio-emotionale Unterstützung sowie querliegende Unterrichtsmerkmale zur Unterstützung des Lernens definiert. Der Beitrag stellt dar, wie sich das Framework naturwissenschaftsspezifisch beschreiben und operationalisieren lässt und sich Kriterien naturwissenschaftsdidaktischer Videostudien über diese Kriterien verteilen (Heinitz & Nehring, eingereicht).

Im Zentrum des Beitrags von Korneck, Szogs, Große und Krüger zur Studie ϕactio stehen die Qualität von Physikunterricht sowie deren Zusammenhänge mit den professionellen Kompetenzen der Lehrkräfte (Korneck et al., 2017) und mit der Güte kollegialer Reflexion (Szogs et al., 2019). Um die Komplexität des Unterrichts zu reduzieren und den Fokus auf fachdidaktisch relevante Aspekte zu lenken, erfolgen die Erhebungen in einem Microteaching-Setting (Korneck et al., 2016).

Für eine Vergleichbarkeit mit bereits existierenden Studien, bildeten mit den Basisdimensionen zunächst generische Aspekte den Ausgangspunkt der Operationalisierung von Unterrichtsqualität. Wenn nötig, wurden diese auf den Physikunterricht angepasst und ergänzt. Zudem sollte die Unterrichtsqualität der Miniaturen aus verschiedenen Perspektiven bewertet werden können. Ausgehend von der Diskussion um eine Erweiterung der drei Basisdimensionen wurden im Vortrag exemplarisch fachspezifische Aspekte des Ratingmanuals sowie erste Ideen zur Erfassung der fachlichen Unterrichtsqualität, orientiert am Modell der Verstehenselemente (Drollinger-Vetter, 2011, Pupillo et al., 2019), zur Diskussion gestellt.

Im dritten Beitrag von Kramer, Förtsch und Neuhaus bildet das (angenommene) Professionswissen der Lehrkraft (vgl. Baumert & Kunter, 2011), das für die Umsetzung des jeweiligen Merkmales vorrangig nötig ist, die Grundlage für die Einteilung als allgemeines oder fachspezifisches Merkmal (vgl. Wüsten, 2010). Für die Umsetzung allgemeiner Merkmale benötigen Lehrkräfte pädagogisch-psychologisches Wissen. Für die Umsetzung von fachspezifischen Merkmalen wird angenommen, dass Lehrkräfte vor allem die fachspezifischen Dimensionen von Professionswissen benötigen: fachdidaktisches Wissen und Fachwissen (vgl. Wüsten, 2010). Parallel zu bereits bestehenden Auflistungen von

allgemeinen Merkmalen wurden so eine Reihe von Merkmalen identifiziert, die fachspezifisch für den Biologieunterricht eine Rolle spielen. Dabei können sowohl allgemeinere Merkmale fachspezifisch ausgeschärft werden (z. B: kognitive Aktivierung oder Umgang mit Schülervorstellungen), als auch Merkmale identifiziert werden, die vorrangig für das Fach Biologe relevant sind (z. B. Basiskonzeptorientierung oder Einsatz realer Objekte) (Dorfner et al, 2017; Neuhaus, 2007; Wüsten, 2010). Über den Zusammenhang beider Merkmalsgruppen wird angenommen, dass allgemeine Merkmale als Grundlage für die Umsetzung fachspezifischer Merkmale fungieren (Dorfner et al., 2018). Die Zuteilung als fachspezifisches Merkmal von Unterrichtsqualität wurde bereits in verschiedenen Arbeiten empirisch überprüft (z. B. Förtsch et al., 2016; Förtsch et al, 2018). Darauf aufbauend wurden diese allgemeinen und fachspezifischen Merkmale im Rahmen eines Planungsmodells für Biologieunterricht bezüglich der Umsetzung im einer Unterrichtsstunde sinnvoll geordnet (Dorfner et al., 2019b).

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 29–53). Münster: Waxmann.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. American Educational Research Journal, 47, 133–180.

Brophy, J. & Good, T. L. (1986). Teacher behavior and student achievement. In M. C. Wittrock (Hrsg.), Handbook of Research on Teaching (S. 328–357). New York: Macmillan Publishing Company.

Dorfner, T., Förtsch, C. & Neuhaus, B. J. (2017). Die methodische und inhaltliche Ausrichtung quantitativer Videostudien zur Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Review. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 261–285. doi:10.1007/s40573-017-0058-3

Dorfner, T., Förtsch, C. & Neuhaus, B. J. (2018). Effects of three basic dimensions of instructional quality on students' situational interest in sixth-grade biology instruction. Learning and Instruction, 56, 42–53. doi:10.1016/j.learninstruc.2018.03.001

Dorfner, T., Förtsch, C., Boone, W. & Neuhaus, B. J. (2019a). Instructional quality features in videotaped biology lessons: Content-independent description of characteristics. Research in Science Education, 49(5), 1457–1491. doi:10.1007/s11165-017-9663-x

Dorfner, T., Förtsch, C., Spangler, M. & Neuhaus, B. J. (2019b). Wie plane ich eine konzeptorientierte Biologiestunde?: Ein Planungsmodell für den Biologieunterricht - Das Schalenmodell. MNU Journal, 4, 300-306.

Drollinger-Vetter, B. (2011). Verstehenselemente und strukturelle Klarheit: Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht. Münster: Waxmann.

Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E. & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. Learning and Instruction, 29, 1–9. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.07.001

Förtsch, S., Förtsch, C., von Kotzebue, L. & Neuhaus, B. J. (2018). Effects of teachers' professional knowledge and their use of three-dimensional physical models in biology lessons on students' achievement. Education Sciences, 8(3), 118. doi:10.3390/educsci8030118

Förtsch, C., Werner, S., von Kotzebue, L. & Neuhaus, B. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. International Journal of Science Education, 38(17), 2642–2666. doi:10.1080/09500693.2016.1257170

Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W. & Hattie, J. A. (1987). Syntheses of educational productivity research. International Journal of Educational Research, 11(2), 147–252.

Heinitz, B. & Nehring, A. (eingereicht) Naturwissenschaftsspezifische Unterrichtsqualität - ein systematisches Review im Spiegel der Ziele, Inhalte und Methoden der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Unterrichtswissenschaft

Helmke, A. (2014). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Unterricht verbessern - Schule entwickeln. Seelze-Velber: Klett.

Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (S. 43–57). Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Korneck, F. Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In Fischler, H. Sumfleth, E. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (S. 113-133).

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S. 174-197). Weinheim: Beltz Juventa.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean theorem. Learning and Instruction, 19(6), 527–537. doi: 10.1016/j.learninstruc.2008.11.001.

Neuhaus, B. J. (2007). Unterrichtsqualität als Forschungsfeld für empirische biologiedidaktische Studien. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 243–254). Berlin: Springer.

Pianta, R. C., Hamre, B. K., & Mintz, S. L. (2012). Classroom assessment scoring system (CLASS): Secondary class manual. Charlottesville, VA: Teachstone.

Praetorius, A.-K., & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. ZDM, 50(3), 535–553. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0

Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. ZDM Mathematics Education. doi:10.1007/s11858-018-0918-4

Pupillo, A., Korneck, F., Krüger, M., Szogs, M. (2019). Verstehensmodell physikalischer Konzepte als Zugang zu fachlicher Unterrichtsqualität am Beispiel der Verstehenselemente des Druckkonzeptes. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 329). Universität Regensburg.

Schlesinger, L., & Jentsch, A. (2016). Theoretical and methodological challenges in measuring instructional quality in mathematics education using classroom observations. ZDM Mathematics Education, 48, 29–40.

Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. Review of Educational Research, 77(4), 454–499. doi:10.3102/0034654307310317

Szogs, M., Krüger, M., Korneck, F. (2019). Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 329). Universität Regensburg.

Benjamin Heinitz
Andreas Nehring
Leibniz Universität Hannover

Naturwissenschaftsspezifische Unterrichtsqualität - ein systematisches Review im Spiegel der Ziele, Inhalte und Methoden der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer

Projekthintergrund

Videostudien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung stellen seit über 20 Jahren einen zentralen Zugang zur systematischen und theoriebasierten Beschreibung von Unterricht dar. Dorfner, Förtsch und Neuhaus (2017) erstellten bereits ein Review zur Erfassung der methodischen und inhaltlichen Ausrichtung von quantitativen Videostudien zur Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Welche konkreten Kriterien jedoch zur Beschreibung des Unterrichts verwendet wurden und in welchem Bezug diese Kriterien zu fächerübergreifenden Unterrichtsqualitätsdimensionen der allgemeinen Unterrichtsforschung stehen, ist bisher weitgehend ungeklärt und Gegenstand des vorliegenden systematischen Reviews.

Als Grundlage für eine systematische Kategorisierung der in Videostudien verwendeten Qualitätskriterien bietet sich das Framework von Praetorius und Charalambous (2018) an, welches, ausgehend vom Mathematikunterricht, eine Synthese unterschiedlicher Beobachtungsframeworks auf einer generischen Ebene darstellt.

Zielstellung

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des vorliegenden Vorhabens darin, ein systematisches Review zur Erfassung der verwendeten Qualitätskriterien in Videostudien zu erstellen. Aufbauend auf das Review von Dorfner et al. (2017) wurden die Videostudien aus dem naturwissenschaftlichen Bereich (Chemie, Biologie, Physik und Sachunterricht) aufgegriffen, durch den aktuellen Forschungsstand ergänzt und die verwendeten Qualitätskriterien herausgearbeitet.

Bei der Systematisierung der Qualitätskriterien ausgehend von dem Framework (Praetorius und Charalambous, 2018), sollten sowohl generische, als auch fachspezifische Aspekte gemeinsam erfasst werden. Für einen ersten Ansatz wurden dafür die Qualitätskriterien direkt in das Framework eingeordnet, um jedoch die Fachspezifik nicht zu überdecken, wurde ebenfalls eine fachspezifische Perspektivierung des Frameworks vorgenommen.

Methodisches Vorgehen

Aufbauend auf dem Review von Dorfner et al. (2017) wurden zunächst Publikationen aus den Jahren 2017 und 2018, unter Anwendung der darin genutzten Suchkriterien, ergänzt. Zusätzlich wurde die Suche auf den naturwissenschaftlichen Bereich, sowie den deutschsprachigen Raum begrenzt und bereits durch das vorangegangene Review erfasste Publikationen ebenfalls nach diesem Schema aussortiert. Insgesamt konnten durch das Review 37 Publikationen berücksichtigt werden, aus denen in der weiteren Analyse die Qualitätskriterien zur Bewertung naturwissenschaftlichen Unterrichts herausgearbeitet wurden. Die Qualitätskriterien wurden mit dem Framework von Praetorius und Charalambous (2018) abgeglichen und in diesem verortet, wobei die Passung zwischen Kriterium und Framework mit Hilfe eines dreistufigen Systems („Vollständige Übereinstimmung“, „Teilweise Übereinstimmung“ und „starke Abweichung“) bewertet wurde. Die Verortung wurde zusätzlich durch eine Doppelkodierung abgesichert, um die Objektivität derselben zu gewährleisten (Die Werte für Cohens Kappa lagen hierbei zwischen .78 für die Zuordnung zu einer Dimension und .67 für die Zuordnung in den Abstufungen). Auf Basis der erhobenen Qualitätskriterien wurden dann in einem weiteren Schritt naturwissenschaftliche

Perspektivierungen von Unterrichtsqualität herausgearbeitet, die als eine zusätzliche Ebene in das Framework eingearbeitet wurden. Die Zusammenfassung der Qualitätskriterien erfolgte auf Basis einer inhaltlichen Analyse der einzelnen Kriterien und der Verortung im Framework. Als Grundlage für die Benennung der jeweiligen Perspektivierungen wurden Formulierungen aus den Kriterien verwendet, die eine inhaltliche Zusammenfassung der somit untergeordneten Kriterien erlaubten.

Ergebnis

Die Verortung der Qualitätsmerkmale im Framework erfolgte bereits mit einer verhältnismäßig hohen Übereinstimmung von 74 %, wobei eine deutliche Ballung in den ersten drei Sub-Dimensionen des Frameworks deutlich wurde (siehe Abb. 1).

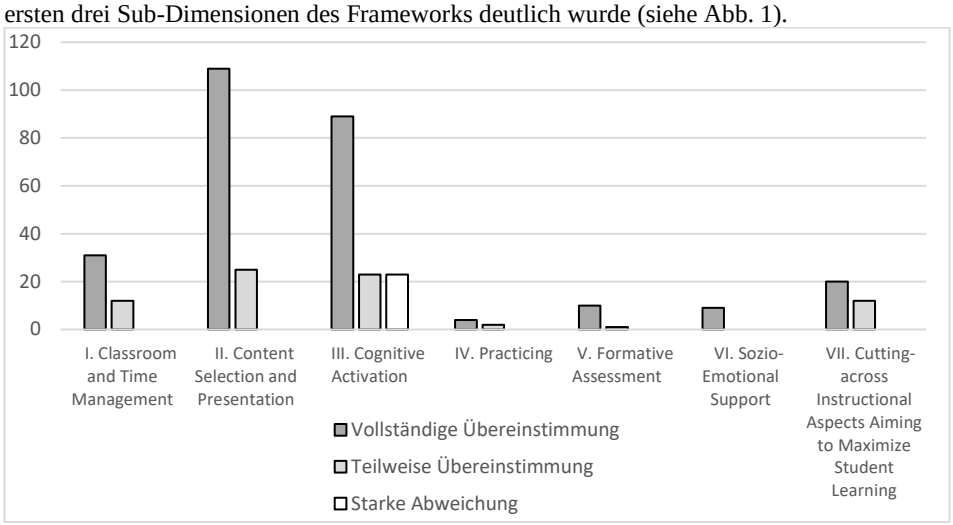


Abbildung 1: Anzahl der verorteten naturwissenschaftsspezifischer Qualitätsmerkmale im Framework von Praetorius und Charalambous (2018)

Dennoch ließ sich hieraus schließen, dass ca. ein Viertel der Kriterien nicht, oder nur schwer, mit dem Framework abgebildet werden können. Zusätzlich wurde deutlich, dass einige der fachspezifischen Formulierungen aus den Qualitätskriterien der Videostudien bei der Verortung im Framework nicht berücksichtigt werden konnten. Zwar ließen sich viele der Qualitätskriterien grundsätzlich einer Subdimension des Frameworks zuordnen, dennoch mussten dabei inhaltlich einige Einschränkungen vorgenommen werden. Um diese Einschränkungen zu minimieren und auch fachspezifische Kriterien besser abbilden zu können, wurde die fachspezifische Perspektivierung in das Framework integriert. Hierbei wird dem Framework eine zusätzliche Ebene hinzugefügt, sodass fachspezifische und generische Zugänge kriterienbasiert aufeinander beziehbar werden (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Auszug aus dem ergänzten Framework – Dimension II Content Selection and Presentation

Subdimension des Frameworks	Fachspezifische Perspektivierung
Selecting mathematically worthwhile and developmentally appropriate content	- Auswahl und Einbindung von Fachinhalten - Auswahl und Einbindung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen
Motivating the content	- Lernen im Kontext und Verknüpfung zu socio-scietific issues - Motivierende Einbettung der Inhalte

Die Erstellung der fachspezifischen Perspektivierung soll für eine bessere Nachvollziehbarkeit im Folgenden kurz beschrieben werden. Ausgehend von der Verortung der Kriterien im Framework ließen sich inhaltlich vergleichbare Kriterien clustern. Da die Subdimensionen des Frameworks durch eine Reihe von Items näher erläutert wurden, konnten sich inhaltlich mehrere Kriterien-Cluster pro Subdimension bilden. Die Benennung eines solchen Kriterien-Clusters bildete sich dann, wie bereits beschrieben, auf Basis der verwendeten Formulierungen in den Kriterien. Als Beispiel kann die fachspezifische Perspektivierung „Auswahl und Einbindung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen“ expliziert werden (Tab. 2).

Tabelle 2: Bildung der fachspezifischen Perspektivierung aus den Qualitätskriterien

Fachspezifische Perspektivierung	Beispiele für erhobene Qualitätskriterien
Auswahl und Einbindung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen	- Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (Schmitt, 2016) - Using Models in Class (Strübe et al. 2014) - eine geeignete Auswahl an Versuchen/ Materialien vornehmen (Ewerhardy, 2010) - Zielstellung im Hinblick auf das Verständnis zentraler Grundideen ("big ideas") der Naturwissenschaften zu verdeutlichen (Seidel et al. 2006) - Experiments (use and embedding) (Dalehefte et al. 2009) - Students should learn to use laboratory equipment or instruments (Fischer et al. 2014)

Durch dieses Beispiel wird deutlich, dass die Qualitätskriterien inhaltlich sehr gut zusammengefasst werden können, allerdings nicht vollständig durch die ursprüngliche Formulierung des Frameworks (Tab. 1) erfasst werden können, ohne dass ein Teil der Fachspezifik verloren geht. Die naturwissenschaftsspezifische Besonderheit der zentralen Denk- und Arbeitsweisen, sowie deren Integration in den Unterricht wären, in einer weiten Interpretation, zwar durch den Begriff „content“ abgedeckt, würden jedoch ihrem Sonderstatus im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht gerecht.

Diskussion

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine generische Perspektiv bei der Betrachtung von naturwissenschaftlichem Unterricht einen guten Überblick verschafft und eine Vergleichbarkeit zu anderen Fächern erlaubt. Zusätzlich werden in den naturwissenschaftlichen Fächern häufig generische Kriterien zur Bewertung des Unterrichts hinzugezogen, die somit ebenfalls adäquat erfasst werden. Durch eine rein generische Betrachtung des Unterrichts würden jedoch einige der Besonderheiten der naturwissenschaftlichen Fächer nicht angemessen abgedeckt, sodass eine simultane Berücksichtigung beider Perspektiven als logischer Schluss gezogen werden kann. Durch die Ergänzung der fachspezifischen Perspektivierung im Framework von Praetorius und Charalambous (2018) können beide Sichtweisen zielführend miteinander verknüpft werden. Die generische Perspektive erlaubt eine allgemeine Vergleichbarkeit, auch zu anderen Fächern, und eine übergreifende Strukturierung der Qualitätsmerkmale und die fachspezifische Perspektivierung erlaubt es die Besonderheiten des Faches adäquat abzubilden.

Literatur

Dalehefte, I. M., Rimmele, R., Prenzel, M., Seidel, T., Labudde, P., & Herweg, C. (2009). Observing Instruction "next door": A Video Study about Science Teaching and Learning in Germany and Switzerland. In T. Janik, & T. Seidel (Eds.), The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom (pp. 83–101). Münster: Waxmann.

Dorfner, T., Förtsch, C., Neuhaus, B. J. (2017). Die methodische und inhaltliche Ausrichtung quantitativer Videostudien zur Unterrichtsqualität im matchematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 261-285. DOI: 10.1007/s40573-017-0058-3

Ewerhardy, A. (2010). Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Lernenden der Grundschule. Dissertation: Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., Viiri, J. (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics: Comparing Finland Germany and Switzerland*. Münster: Waxmann.

Praetorius, A.-K., Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *ZDM Mathematics Education*, 50, 535-553. DOI: 10.1007/s11858-018-0946-0

Schmitt, A.-K. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Studien zum Physik- und Chemielernen. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 198. Berlin: Logos Verlag.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 799–821.

Strübe, M., Tröger, H., Tepner, O., & Sumfleth, E. (2014). Development of a Pedagogical Content Knowledge test of chemistry language and models. *Educación Química,* 25(3), 380-390.

Friederike Korneck
Michael Szogs
André Große
Marvin Krüger

Goethe-Universität Frankfurt am Main

(Physikalische?) Unterrichtsqualität von Microteaching-Sequenzen

Im Zentrum der Studie ϕactio stehen die Qualität von Physikunterricht sowie deren Zusammenhänge mit den professionellen Kompetenzen der Lehrkräfte (Korneck et al., 2017) und mit der Güte kollegialer Reflexion (Szogs et al., 2019). Der vorliegende Beitrag stellt das Ringen um eine angemessene Operationalisierung der Unterrichtsqualität dar, deren Erfassung sowohl generische als auch fachspezifische (und hier zudem themenunspezifische und –spezifische) Merkmale umfassen soll. Ausgangspunkt der Operationalisierung bilden generische Merkmale, die auf den Physikunterricht angepasst und ergänzt wurden.

Forschungsrahmen Microteaching

Die adäquate Messung von Qualitätsaspekten des Unterrichts durch (Video-)Rater stellt ein aufwändiges, kostenintensives Unterfangen dar. Aus diesem Grund werden verschiedene methodische Alternativen genutzt, um den Aufwand zu begrenzen. Beispielsweise werden in großen Schulstudien Unterrichtsqualitätsmerkmale häufig durch Schüler*innenurteile erfasst, die Videoratings ergänzen oder ersetzen (Göllner et al., 2016). Das vorliegende Projekt Φactio löst die Herausforderung durch eine Messung der Qualität in thematisch abgeschlossenen Unterrichtsminiaturen (Korneck et al., 2016), die Studierende und Referendar*innen im Rahmen einer phasenübergreifenden Lehrveranstaltung an mit der Universität kooperierenden Schulen unterrichten. Im Zentrum dieser Miniaturen von ca. 12 Minuten Länge stehen von den Unterrichtenden selbst gewählte Freihandexperimente. Für die fachdidaktische Forschung hat diese Methode - neben der ökonomischen Gestaltung der Erhebung - den Vorteil, dass durch die Teilstandardisierung Klassenführungsaspekte zugunsten der fachdidaktisch relevanteren Qualitätsaspekte (kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung sowie fachliche Qualität) in den Hintergrund rücken.

Neben den Unterrichtsqualitätsmerkmalen werden im Projekt u.a. das Professionswissen (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen) mit Hilfe von Kurztests (15 Minuten) sowie Überzeugungen (Überzeugungen zum transmissiven und selbstständigen Lernen, Wissenschaftsverständnis) per Selbstauskunft mit jeweils 12 Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala erhoben (Korneck et al, 2017).

Rating von generischen und fachlichen Unterrichtsqualitätsmerkmalen

Zur Messung der Qualitätsmerkmale nutzt das Projekt Φactio ein Ratingmanual, das eigens nach folgenden Kriterien entwickelt wurde:

- Wie bei den meisten Manualen liegt der Fokus auf dem Handeln der Lehrpersonen.
- Die Erfassung physikspezifischer Unterrichtsmerkmale erfolgt im ersten Schritt themenunabhängig. In einem zweiten Schritt werden Methoden zur Erfassung themenabhängiger fachlicher Qualitätsmerkmale entwickelt.
- Das Manual ist sowohl für Unterrichtsminiaturen sowie Regelunterricht nutzbar.
- Es wird eine möglichst ökonomische Ratingdauer und Raterschulung angestrebt.
- Die Messung der Unterrichtsqualität erfolgt aus verschiedenen Perspektiven: Videobeobachter*innen, Schüler*innen, hospitierende Peers. Für letztere wurden Kurzmanuale entwickelt.
- Das Manual ermöglicht eine Vergleichbarkeit mit Studien aus anderen Fächern (z.B. COACTIV). Deshalb werden sowohl generische als auch physikspezifische Unterrichtsmerkmale (zunächst durch eine fachspezifische Operationalisierung der Basisdimensionen der Unterrichtsqualität, insbesondere die kognitive Aktivierung) eingesetzt.

Für die Entwicklung des Ratingmanuals wurden zunächst Manuale folgender mathematisch-naturwissenschaftlicher Studien gesichtet (Szogs, 2016):

- KONU: Konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Unterricht (Widodo & Duit, 2002);
- IPN-Videostudie: Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht (Seidel et al., 2003);
- Multiple Ziele im Mathematikunterricht (Kunter, 2005);
- Pythagoras-Studie: Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis (Hugener, Pauli & Reusser, 2006) sowie
- PERLE: Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern (Lotz, Lipowsky & Faust, 2013).

Durch die geeignete Auswahl und Adaption von Items sowie Eigenentwicklungen (u.a. auf Basis von Beratungsaspekte der Microteaching-Veranstaltung) entstand ein Manual für das Projekt Φactio, das die Basisdimensionen der kognitiven Aktivierung, der strukturellen und affektiven konstruktiven Unterstützung, der Klassenführung sowie der fachlichen Qualität mit insgesamt 21 Subdimensionen (127 Items) erfasst (Tabelle 1).

Tab. 1: Basisdimensionen und Subskalen des Φactio-Ratingmanuals (Szogs, 2017)

Basisdimension	**Subskalen (Anzahl der Items)**
Physikalische Qualität	Fachliche Korrektheit (7), Sachgerechtigkeit (7)
Kognitive Aktivierung	Aktivierung und Exploration von S.-Vorstellungen (8), kognitive Selbstständigkeit (8), diskursives Lernen (6), Potential zum Konzeptwechsel (6)
Konstruktive Unterstützung (strukturell)	Klarheit der inhaltlichen Kohärenz (5) Interaktionstempo (5), Erkennen von Verständnisschwierigkeiten (6), adaptive Erleichterung (7), Instruktions- und Erklärungsqualität (10)
Konstruktive Unterstützung (affektiv)	L.-S.-Beziehung (5), Anerkennung der S.-Beiträge (4), Fehlerkultur (6), Relevanz des Unterrichtsinhalts (4) Förderung des S.-Interesses (6), Autonomie der S. (6)
Klassenführung	Übergangs- und Zeitmanagement (6), Gruppenfokus (6), Allgegenwärtigkeit (6), Störungsfreiheit (5)

Im Manual wird jede Subdimension durch eine Grundidee beschrieben und durch jeweils sechs bis zehn Items bewertet. Strukturell ähnelt das entwickelte Manual dem der PERLE-Studie, wobei bei dieser die Grundideen direkt bewertet werden.

Die Ratingdauer für eine Unterrichtsminiatur beträgt circa 30 Minuten, incl. dem Betrachten des Videos. Die Rater*innen erhielten eine knappe Schulung, waren aber teilweise im Vorfeld des Ratings als studentische Hilfskräfte an der Entwicklung und Diskussion des Manuals beteiligt. Für ein Rating der Unterrichtsminiaturen von 148 Lehrpersonen durch vier Rater erwies sich die Güte des Manuals als zufriedenstellend: Die Werte für Cronbach‘s α als Maß der Reliabilität der Subskalen lagen im Mittel bei .91 (Min.: .82). Keine der Skalen lag unter der Grenze von .70. Die Intraklassenkorrelation ICC(2) als Maß der Beurteilerreliabilität lag im Mittel bei .71 (Min.: .52). Sieben Subdimensionen lagen unter dem Grenzwert von .7. Betroffen waren Subdimensionen der Klassenführung (die bei Microteaching keine hohe Varianz zeigt) sowie die Subdimensionen zur Diagnose von Verständnisschwierigkeiten, Fehlerkultur und Anerkennung, die der konstruktiven Unterstützung zuzuordnen sind. Dem soll mit einer vertieften Raterschulung sowie einer/m zusätzlichen Rater*in begegnet werden.

Teilstudien zur Validität des Ratingmanuals

Wie bereits erwähnt, werden zur Erhebung von Unterrichtsqualität in der Regel Beurteilungen von Schüler*innen, Lehrkräfte und/oder externen (Video-)Beobachter*innen herangezogen. Mehrere Studien haben gezeigt, dass die unterschiedlichen Perspektiven nur in geringem

Maße übereinstimmen (Clausen, 2002; Fauth et al., 2014). In einer Φactio-Teilstudie wurden die Videoratings durch die Perspektiven von unterrichteten Schüler*innen und hospitierenden Peers ergänzt. Die Erhebungen erfolgten innerhalb der Unterrichtstage an den Schulen durch einen Kurzfragebogen mit einer Itemauswahl für die Basisdimensionen (ca. drei Minuten Bearbeitungszeit). Die Analysen der Einschätzungen der Unterrichtsqualität von 84 Lehrkräfte durch Schüler*innen und Peers (Durchschnittsscores) erreichten zufriedenstellende bis sehr gute Skalenreliabilitäten und Intraklassenkorrelationen. Zudem zeigte sich in diesem Setting, anders als in den oben genannten Studien, eine konvergente Konstruktvalidität, da die Urteile der Perspektiven substantiell und signifikant übereinstimmen (Krüger, 2015; Krüger et al., 2016).

Die Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen sowie den Überzeugungen von 172 Studierenden des Lehramtes an Gymnasien und an Haupt- und Realschulen mit der Qualität ihrer Unterrichtsminiaturen wurden in einer weiteren Teilstudie untersucht. Schulformspezifische Regressionsanalysen zeigten die Handlungsrelevanz des Professionswissens und der Überzeugungen der Lehrpersonen für den Unterricht. Studierende des Lehramts an Haupt- und Realschulen mit hohen Testleistungen im Professionswissen zeigten auch eine höhere Unterrichtsqualität, während für Studierende des Lehramts an Gymnasien die Leistungen im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen nicht ausschlaggebend für die Unterrichtsqualität sind, wohl aber deren Überzeugungen zum Lehren und Lernen (Korneck et al., 2017).

Ausblick: Verstehenselemente eines physikalischen Konzepts als weiterer Zugang für die Messung fachlicher Unterrichtsqualität

Zusätzlich zu der Beurteilung der fachlichen Qualität mit Hilfe der Subdimensionen „fachliche Korrektheit“ und „Sachgerechtigkeit“ des Ratingmanuals der Φactio-Studie wurde im Rahmen einer Staatsexamensarbeit der Pilotversuch unternommen, die fachdidaktische Qualität von Unterricht themenspezifisch und differenzierter zu beurteilen. Die Arbeit orientiert sich an einem Modell zur Operationalisierung fachdidaktischer Unterrichtsqualität der Pythagoras-Studie, das fachliche Konzepte in zentrale Teilelemente (sog. Verstehenselemente) untergliedert, die Lernende mindestens benötigen, um ein Konzept zu begreifen. Durch die Analyse von Unterricht zum Satz von Pythagoras konnten Zusammenhänge der fachdidaktischen Unterrichtsqualität mit dem Schüleroutcome (Leistungen, Unterrichtswahrnehmung) nachgewiesen werden (Drollinger-Vetter, 2011). Die exemplarische Übertragbarkeit des Ansatzes auf das physikalische Konzept des Drucks, bzw. des idealen Gasgesetzes, war Aufgabe der oben genannten Arbeit (Pupillo, 2018).

Mit dem „Kerzenaufzug“, dem „Ei in der Flasche“ sowie der „implodierenden Dose“ (Berthold et al., 2012) wurden drei Freihandexperimente ausgewählt, die im Wesentlichen durch das Druckkonzept erklärbar sind. In der Arbeit wurden Verstehenselemente formuliert und deren Vorkommen sowie ihre Reihenfolge in je drei videografierten Unterrichtsminiaturen pro Experiment analysiert. Es zeigte sich, dass gemeinsame Verstehenselemente zu verschiedenen Phänomenen eines physikalischen Konzepts formulierbar sind, wenn auch deren Vorkommen im Vergleich zur Einführung des Satzes von Pythagoras in der Mathematik stärker vom gewählten Phänomen sowie von den Elementarisierungsentscheidungen der Lehrperson abhängig sind. In der Unterrichtsanalyse zeigte sich zudem, dass die verschiedenen Lehrpersonen ihren Unterricht in einer Abfolge von Ursache-Wirkungselementen strukturieren, obwohl das ideale Gas eine instantane Änderung von Druck, Volumen und Temperatur nahelegt.

Insgesamt zeigten diese ersten Analysen erfolgsversprechende Ergebnisse, so dass in nächsten Schritten die in den Unterrichtsminiaturen gewählten Repräsentationsformen und deren Qualität sowie weitere physikalische Themen analysiert werden.

Literatur

Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.

Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E. & Büttner, G. (2014). *Grundschulunterricht aus Schüler-, Lehrer- und Beobachterperspektive: Zusammenhänge und Vorhersage von Lernerfolg*. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie.

Göllner, Richard; Wagner, Wolfgang; Klieme, Eckhard; Lüdtke, Oliver; Nagengast, Benjamin; Trautwein, Ulrich: *Erfassung der Unterrichtsqualität mithilfe von Schülerurteilen: Chancen, Grenzen und Forschungsperspektiven.* Bundesministerium für Bildung und Forschung [Hrsg.]: Forschungsvorhaben in Ankopplung an Large-Scale-Assessments. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung 2016, S. 63-82. (Bildungsforschung; 44)

Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (2006). *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". 3. Videoanalysen.* In E. Klieme, C. Pauli-Friesdorf, K. Reusser & I. Hugener (Hrsg.), Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“ // Videoanalysen (Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 15). Frankfurt am Main: DIPF; GFPF.

Korneck F., Oettinghaus L., Kunter M., Redinger R. (2016). *Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts.* In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S.174-197). Weinheim: Beltz Juventa.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). *Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen*. In E. Sumfleth & H. Fischler (Hrsg.), Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 200 (S.113-133). Berlin: Logos.

Krüger, M. (2015). *Perspektiven auf Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Sequenzen – Möglichkeiten und Zusammenhänge hochinferenter Ratings von Schülern und Peers in Physikunterrichtsminiaturen*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsexamensprüfung für das Lehramt an Gymnasien. Goethe-Universität, Frankfurt am Main.

Krüger, M., Korneck, F., Oettinghaus, L.& Kunter, M. (2016). *Perspektiven auf Unterrichtsqualität in Unterrichtsminiaturen. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 155). Universität Regensburg.

Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 51). Münster: Waxmann.

Lotz, M., Lipowsky, F. & Faust, G. (2013). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts „Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschülern“ (PERLE)* (Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 23,3). Frankfurt am Main: Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung [u.a.]

Pupillo, A. (2018). *Verstehenselemente als Merkmal fachdidaktischer Unterrichtsqualität.* Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung. Goethe-Universität, Frankfurt am Main.

Pupillo, A., Krüger, M., Szogs, M. & Korneck, F. (2019). *Verstehensmodell physikalischer Konzepte als Zugang zu fachlicher Unterrichtsqualität am Beispiel der Verstehenselemente des Druckkonzeptes*. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 878). Universität Regensburg

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.). (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“.BIQUA* (IPN-Materialien). Kiel: IPN.

Szogs, M., Korneck, F. & Krüger, M. (2017). *Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings. Das Ratingmanual der Φactio-Studie.* In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Szogs, M. et al. (2019). *Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion.* In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 329). Universität Regensburg.

Widodo, A. & Duit, R. (2002). *Kategorien für „konstruktivistisch orientierten naturwissenschaftlichen Unterricht“ (KONU)*. Internes Arbeitspapier IPN.

Maria Kramer LMU München
Christian Förtsch
Birgit J. Neuhaus

Steigern der Unterrichtsqualität – Förderung von Diagnosekompetenzen im Fach Biologie

Theoretischer Hintergrund

Ziel von Unterricht ist es, durch die Gestaltung passender Unterrichtshandlungen das Lernen von Schülerinnen und Schülern zu verbessern (Helmke, Schrader, & Helmke, 2012). Die Gestaltung der Unterrichtshandlungen orientiert sich dabei an generischen und fachspezifischen Unterrichtsqualitätsmerkmalen, die Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern haben (vgl. Dorfner, Förtsch, & Neuhaus, 2017; Wüsten, 2010). Dabei haben sich bestimmte fachspezifische Merkmale für den Biologieunterricht als empirisch wirksam erwiesen und können im Verlauf einer Unterrichtsstunde umgesetzt werden (siehe Tabelle 1; vgl. Dorfner et al., 2019).

Aktivierung	**Schülervorstellungen**	**Umgang mit Fachsprache**	**Einsatz von Experimenten**	**Einsatz von Modellen**	**Sicherung/ Transfer**
kognitive Aktivierung	Aufgreifen, prozessorientierter Umgang	wenig neue Fachbegriffe	naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess	Niveau der Modellarbeit	Rückbezug Stundenanfang (Fokusfrage)
Motivation, Interesse		altersgerechte Fachsprache		Modellkritik	kognitive Aktivierung
		Definieren und Erklären			

Tabelle 1: Fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität (Zeile 1) mit Indikatoren (Zeile 2-4) (basierend auf Dorfner et al., 2017; Steffensky & Neuhaus, 2018; Wüsten, 2010).

Damit Lehrkräfte diese Merkmale von Unterrichtsqualität in ihrem Unterricht umsetzen können, müssen sie die entsprechenden Merkmale und Indikatoren nicht nur kennen, sondern auch im Unterrichtsgeschehen erkennen, analysieren und reflektieren, bevor sie entsprechend handeln können (Helmke et al., 2012). Ein derartiges Vorgehen kann als Ansatz der Unterrichtsdiagnostik angesehen werden. Diagnostizieren gilt als Voraussetzung, um Problemlösesituationen im Unterricht erfolgreich zu bewältigen und dadurch Unterricht weiterzuentwickeln (Helmke & Lenske, 2013). Definiert werden kann es als „Anwendung von Wissen in diagnostischen Aktivitäten in Übereinstimmung mit professionellen Standards bei der Sammlung und Interpretation von Daten mit dem Ziel Entscheidungen von hoher Qualität zu treffen“ (Heitzmann et al., in press, S. 9). Die dazu erforderlichen Diagnosekompetenzen gelten als wichtiger Bestandteil der professionellen Kompetenz von Lehrkräften, deren Entwicklung bereits in der universitären Ausbildung gefördert werden sollte (Grossman & McDonald, 2008). Diagnosekompetenzen definieren sich durch die professionelle Wissensbasis des Diagnostizierenden, die in Form diagnostischer Aktivitäten während des Diagnoseprozesses zur Anwendung kommt sowie der Qualität der Diagnose (Heitzmann et al., in press). Die professionelle Wissensbasis wird basierend auf Shulman (1987) in die drei Bereiche Fach- (CK), fachdidaktisches (PCK) und psychologisch-pädagogisches Wissen (PK) aufgeteilt (Übersicht siehe Förtsch et al., 2018). Besonders PCK wird als wichtige Voraussetzung für erfolgreiches Handeln im Fachunterricht angesehen (z. B. Förtsch, Werner, Kotzebue, &

Neuhaus, 2016). Darüber hinaus werden im Refined Consensus Model weitere Facetten von PCK unterschieden, die sich als Wissen, aber auch in Form situationsspezifischen, persönlichen Fähigkeiten oder als Handlung einer Lehrkraft zeigen können (vgl. Blömeke, Gustafsson, & Shavelson, 2015; Carlson & Daehler, 2019). Nach dem Refined Consensus Model können collective PCK (cPCK), personal PCK (pPCK) und enacted PCK (ePCK) als Facetten von PCK unterschieden werden (Carlson & Daehler, 2019). cPCK bezeichnet die konzeptuelle, fachwissenschaftliche Wissensbasis; pPCK bezeichnet das persönliche Wissen über fachdidaktische Inhalte, das während des Unterrichtens genutzt werden kann und durch eigene Erfahrungen beeinflusst wird; ePCK stellt das implizite fachdidaktische Wissen dar, das eine Lehrkraft in einer bestimmten Situation verwendet, um Unterricht zu planen, zu unterrichten und/oder zu reflektieren (Carlson & Daehler, 2019). Die Erfassung von ePCK muss demnach stark an eine Situation gebunden sein, wie dies zum Beispiel im Rahmen einer videobasierten Lernumgebung eines Unterrichtsgeschehens zum Diagnostizieren möglich ist (Alonzo, Berry, & Nilsson, 2019). In Bezug auf das Diagnostizieren können diagnostische Aktivitäten zur Operationalisierung des ePCK im Bereich des Reflektierens genutzt werden. Beim Reflektieren im Unterricht stehen drei diagnostische Aktivitäten im Fokus, in denen Wissen angewendet wird, um zu einer Diagnose zu kommen (Heitzmann et al., in press). Lehrkräfte machen einerseits Beobachtungen, die beschrieben werden können (*Evidenzgenerierung*). Das Auswerten und Verknüpfen der Beobachtungen mit Theorien und Konzepten kann als *Evidenzevaluation* verstanden werden, das Ableiten von Handlungsalternativen als daraus abzuleitende Konsequenz (*Schlussfolgerungen ziehen*).

Um Lernende beim Erwerb und der Anwendung von Wissen sowie der Reflektion von Unterrichtsqualität zu unterstützen, können videobasierte Lernumgebungen als Annäherung an die Lehrpraxis zum Einsatz kommen (Grossman et al., 2009). Zur Erfassung der diagnostischen Aktivitäten im Bereich des Reflektierens (ePCK) wurde innerhalb des DFG-geförderten Forschungsgruppe COSIMA[1] die videobasierte Lernumgebung DiKoBi (Diagnosekompetenzen von Biologielehrkräften im Biologieunterricht) entwickelt (Kramer et al., 2019). Ebenfalls sind instruktionale Maßnahmen z. B. in Form direkter Wissensvermittlung beim Erwerb und der Anwendung von Wissen und diagnostischen Aktivitäten sinnvoll (Kirschner et al., 2006). Unklar ist, welche Effekte derartige Wissensvermittlungen haben und wie die Wissensfacetten CK, cPCK und PK die Ausführung der diagnostischen Aktivitäten im Bereich des Reflektierens von Unterrichtsqualität beeinflussen. Daraus ergeben sich die Forschungsfragen (*FF*):

FF 1: Gibt es Effekte der direkten Wissensvermittlung der Wissensfacetten CK, cPCK und PK auf die professionelle Wissensbasis?

FF 2: Inwiefern beeinflussen die Wissensfacetten die Ausführung von diagnostischen Aktivitäten bei der Reflektion von Unterrichtsqualität?

Methoden

Die Forschungsfragen wurden mittels einer Interventionsstudie überprüft. Als Prä- und Posttest wurden die professionelle Wissensbasis (CK, cPCK, PK mittels Paper-Pencil-Tests; Jüttner & Neuhaus, 2013) und die diagnostischen Aktivitäten (ePCK; mittels DiKoBi) von 90 Biologielehramtsstudierenden (69 weiblich; Semester Median = 3) erhoben. Im Rahmen der Intervention wurde den Studierenden deklaratives Wissen in vier verschiedenen Treatments im Bereich (I) CK, (II) cPCK, (III) PK oder (IV) kombiniert (CK, cPCK, PK) über das Bearbeiten von Texten vermittelt. Treatment (V) diente als Kontrollgruppe (siehe Abbildung 1).

[1] Das vorliegende Projekt wird aus Mitteln der DFG finanziert (FOR2385).

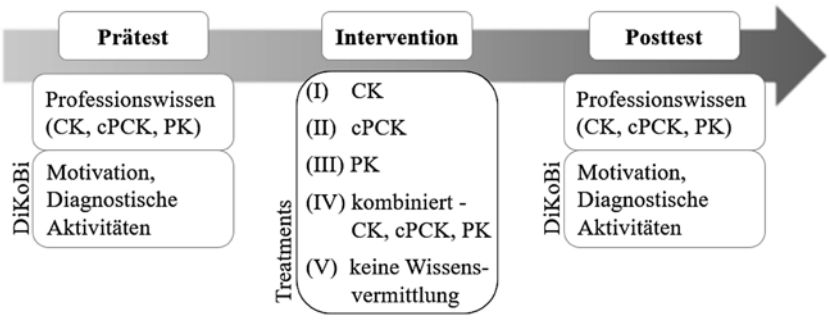


Abbildung 1: Studiendesign

Die Lernumgebung DiKoBi basiert auf simulierten Videos von sechs Unterrichtssituationen im Fach Biologie, die auf Grundlage von Unterrichtsqualitätsmerkmalen des naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt wurden (siehe Tabelle 1). In jeder Unterrichtssituation sind drei Aufgaben zu bearbeiten, mit Hilfe derer die diagnostischen Aktivitäten *Evidenzgenerierung* („Beobachten und beschreiben Sie…"), *Evidenzevaluierung* („Begründen Sie mithilfe fachdidaktischer Theorien…") und *Schlussfolgerungen ziehen* („Beschreiben Sie eine Handlungsalternative…"), gemessen werden.

Ergebnisse

FF1: Erste mixed ANOVA-Berechnungen weisen darauf hin, dass die professionelle Wissensbasis über alle Treatments hinweg ansteigt. Die Intervention im Rahmen der Treatments hatte nahezu keine Effekte; einzig im Bereich CK gibt es Hinweise auf eine erfolgreiche Vermittlung dieser Wissensbasis durch Lesen und Bearbeiten des Textes. PCK und PK wiesen zwar auch einen Anstieg auf, der aber nicht durch die Treatmentgruppen erklärt werden konnte.

FF2: Multiple Regressionsanalysen der Prätestdaten zeigten, dass cPCK und PK die Ausführung der diagnostischen Aktivitäten bei der Reflektion von Unterrichtsqualität beeinflussen. So besteht ein positiver Einfluss der Wissensfacetten cPCK und PK sowie der Motivation auf die Aktivität des *Evidenzengenerierens*. Entscheidend für die Ausführung der diagnostischen Aktivitäten *Evidenzenevaluierung* und *Schlussfolgerungen ziehen* ist vorrangig cPCK als fachspezifische Wissensfacette.

Diskussion

Durch die direkte Wissensvermittlung der Wissensfacetten CK, cPCK und PK konnten außer im Bereich CK keine Effekte auf die professionelle Wissensbasis der Studierenden gefunden werden (*FF1*). Vorstellbar ist, dass Effekte der direkten Wissensvermittlung auf cPCK oder PK durch mögliche Effekte der Lernumgebung überlagert wurden. Die Bearbeitung der Unterrichtssituationen in DiKoBi könnte vorhandenes fachspezifisches Wissen aktiviert und zugänglich gemacht haben. Dies kann als Generieren von ePCK angesehen werden, wobei die in der Lernumgebung angeregten Reflektionsprozesse die Transformation von ePCK in pPCK unterstützen (Alonzo et al., 2019). Der Einsatz von Videos zum Aufbau von PCK oder PK, die als Formen der professionellen Wissensbasis auf das Unterrichtshandeln einer Lehrkraft einwirken, kann somit als sinnvoll angesehen werden (Gaudin & Chaliès, 2015; Kersting, Givvin, Sotelo, & Stigler, 2010). Des Weiteren können cPCK und PK als Einflussfaktoren für das ePCK einer Lehrkraft, operationalisiert durch die diagnostischen Aktivitäten für das Reflektieren von Unterrichtsqualität, angesehen werden (*FF2*). Der Einsatz videobasierter Lernumgebungen scheint somit ein geeigneter Ansatz zur Förderung von Diagnose-kompetenzen im Fachunterricht zu sein.

Literatur

Alonzo, A. C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers‘ PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers‘ Knowledge for Teaching Science* (pp. 271–286). Singapore: Springer.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie, 223*(1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers‘ Knowledge for Teaching Science* (pp. 77–92). Singapore: Springer.

Dorfner, T., Förtsch, C., & Neuhaus, B. J. (2017). Die methodische und inhaltliche Ausrichtung quantitativer Videostudien zur Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Review. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 261–285. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0058-3

Dorfner, T., Förtsch, C., Spangler, M. & Neuhaus, B. J. (2019). Wie plane ich eine konzeptorientierte Biologiestunde?: Ein Planungsmodell für den Biologieunterricht - Das Schalenmodell. *MNU Journal*, *4*, 300-306.

Förtsch, C., Werner, S., Kotzebue, L. von, & Neuhaus, B. J. (2016). Effects of biology teachers’ professional knowledge and cognitive activation on students’ achievement. *International Journal of Science Education*, *38*(17), 2642–2666. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1257170

Förtsch, C., Sommerhoff, D., Fischer, F., Fischer, M., Girwidz, R., Obersteiner, A., . . . Neuhaus, B. (2018). Systematizing Professional Knowledge of Medical Doctors and Teachers: Development of an Interdisciplinary Framework in the Context of Diagnostic Competences. *Education Sciences, 8(4*), 207. https://doi.org/10.3390/educsci8040207

Gaudin, C., & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, *16*, 41–67. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.06.001

Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., & Williamson, P. W. (2009). Teaching Practice: A Cross-Professional Perspective. *Teachers College Record*, *111*, 2055–2100.

Grossman, P., & McDonald, M. (2008). Back to the Future: Directions for Research in Teaching and Teacher Education. *American Educational Research Journal*, *45*(1), 184–205. https://doi.org/10.3102/0002831207312906

Heitzmann, N., Seidel, T., Opitz, A., Hetmanek, A., Wecker, C., Fischer, M. R., . . . Fischer, F. (im Druck). Facilitating Diagnostic Competences in Simulations: A Conceptual Framework and a Research Agenda for Medical and Teacher Education. *Frontline Learning Research*.

Helmke, A., & Lenske, G. (2013). Unterrichtsdiagnostik als Voraussetzung für Unterrichtsentwicklung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *31*(2), 214–233.

Helmke, A., Schrader, F.-W., & Helmke, T. (2012). EMU: Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und -entwicklung: Unterrichtsdiagnostik- Ein Weg, um Unterricht sichtbar zu machen. *SchulVerwaltung Bayern*, *6*, 180–183.

Jüttner, M., & Neuhaus, B. J. (2013). Das Professionswissen von Biologielehrkräften: Ein Vergleich zwischen Biologielehrkräften, Biologen und Pädagogen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 31–49.

Kersting, N. B., Givvin, K. B., Sotelo, F. L., & Stigler, J. W. (2010). Teachers’ Analyses of Classroom Video Predict Student Learning of Mathematics: Further Explorations of a Novel Measure of Teacher Knowledge. *Journal of Teacher Education*, *61*(1-2), 172–181. https://doi.org/10.1177/0022487109347875

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist, 41(2*), 75-86.

Kramer, M., Stürmer, J., Förtsch, C., Seidel, T., Ufer, S., Fischer, M. R. & Neuhaus, B. J. (2019). Diagnosing instructional quality of biology lessons based on staged-videos: Developing DiKoBi, a simulation-based learning environment. In F. Fischer & A. Opitz (Hrsg.), Learning to diagnose with simulations - examples from teacher education and medical education. Springer Briefs in Education Series. New York: Springer.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Havard Educational Review*, *57*, 1–22.

Steffensky, M., & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Vol. 47, pp. 299–313). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_18

Wüsten, S. (2010). *Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie: Eine Video- und Interventionsstudie* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen.

Mats Kieserling Technische Universität Dortmund
Insa Melle

Tablet-gestütztes Experimentieren und Lernen im Chemieunterricht

Motivation

Digitale Medien sind aus unserem heutigen Alltag nicht mehr wegzudenken, weshalb Internet, Tablets und Smartphones auch in der Schule eine immer größer werdende Rolle spielen. Ein Lernen mit und über digitale(n) Medien wird damit unerlässlich und im Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ durch die Kultusministerkonferenz explizit gefordert (KMK, 2016). Neben einer Fülle unterschiedlicher digitaler Werkzeuge finden insbesondere Tablets im Unterricht zunehmend Verwendung. In ihnen wird vor allem im Bereich der weiterführenden Schulen eine wertvolle Ergänzung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien gesehen. Die große Bandbreite an für die Tablets zur Verfügung stehenden unterschiedlichen Anwendungen (Apps) machen sie zu universell einsetzbaren Lernbegleitern, welche durch ihre einfache und intuitive Bedienung insbesondere auch Kindern und Jugendlichen entgegenkommen (Bastian & Aufenanger, 2017). Darüber hinaus ermöglichen Tablets die Gestaltung digitaler Lernumgebungen, innerhalb welcher die Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Tempo (Huwer, Bock & Seibert, 2018; Reiners, 2017) und multimodal über unterschiedliche Sinneskanäle (Sieve & Schanze, 2015) lernen können. Damit haben Tablets auch ein großes Potenzial, Schülerinnen und Schüler in zunehmend heterogenen bzw. inklusiven Lerngruppen individualisiert und möglichst umfassend zu fördern (Bosse, 2012; Meyer, Rose & Gordon, 2014; Pola & Haage, 2015). Hinsichtlich der Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen erstens im Fachunterricht Chemie und zweitens im Kontext einer heterogenen Schülerschaft besteht jedoch aktuell noch Forschungsbedarf (Becker, Klein, Gößling & Kuhn, 2017).

Forschungsfragen

Im Rahmen dieses Projektes soll untersucht werden, welche Wirkungen der Einsatz von Tablets auf das *Fachwissen* (F1) der Lernenden, die *Attraktivität* (F2) der Materialien sowie die *Kognitive Belastung* (F3) bei der Arbeit mit den Materialien hat. Dazu wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

F1: Wird durch die entwickelte Lernumgebung das Fachwissen gesteigert?
- F1.1: Ist der Einsatz von digitalen Unterrichtsmaterialien in verschiedenen Unterrichtsphasen unterschiedlich effektiv?
- F1.2: Bestehen Unterschiede hinsichtlich des Fachwissenszuwachses beim Lernen mit digitalen bzw. analogen Unterrichtsmaterialien?

F2: Wie schätzen Lernende die digitalen bzw. analogen Unterrichtsmaterialien ein?

F3: Welchen Einfluss haben die digitalen Unterrichtsmaterialien auf die kognitive Belastung der Lernenden im Vergleich zu den analogen Unterrichtsmaterialien?

Design und Testinstrumente

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wird eine digitale Lernumgebung für die Sekundarstufe I an Gesamtschulen zum Thema Stofftrennung entwickelt und evaluiert. Die Gestaltung der Unterrichtseinheit erfolgt unter Berücksichtigung des aus den USA stammenden Konzepts *Universal Design for Learning* (UDL; Center for Applied Special Technology, 2012), welches einen Ansatz für das gemeinsame Lernen von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarf darstellt. Die Intervention zur Untersuchung der Lernumgebung wird in Form eines Projekttages an den jeweiligen Schulen durchgeführt.

Innerhalb der Lernumgebung arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit. Der geplante Unterricht lässt sich in die drei Abschnitte Einstiegs-, Experimentier- sowie Theoriephase unterteilen: In der Einstiegsphase erfolgt ein motivierender Aufriss der Rahmengeschichte der Lernumgebung durch das Abspielen eines Videos im Plenum. In der anschließenden Experimentierphase führen alle Lernenden eigenständig Experimente zur Stofftrennung durch, während in der Theoriephase die Aufarbeitung der durchgeführten Experimente erfolgt. Für die Untersuchung werden die Lernenden einer Klasse auf Grundlage der Ergebnisse eines Pre-Tests hinsichtlich ihres Vorwissens sowie ihrer kognitiven Fähigkeiten in zwei vergleichbare Gruppen unterteilt. Diese unterscheiden sich dadurch, dass die eine Gruppe in der Experimentier- sowie Theoriephase mit einem interaktiven iBook (digital) und die andere Gruppe mit „klassischen" Arbeitsheften (analog) arbeitet. So wird ein Vergleich zwischen dem digitalen Lernen und dem Lernen mit analogen Unterrichtsmaterialien in unterschiedlichen Unterrichtsphasen ermöglicht.

Für die Evaluation werden verschiedene Testinstrumente eingesetzt: Eine Woche vor der Intervention werden im Rahmen der Pre-Testung u. a. ein Fachwissenstest zur Erfassung des Vorwissens (Multiple-Choice-Test mit 24 Items, Cronbach's $\alpha = .795$) sowie der CFT 20-R (Weiß & Weiß, 2006) zur Bestimmung kognitiver Fähigkeiten eingesetzt. Innerhalb der Intervention wird nach den einzelnen Unterrichtsphasen ein Attraktivitätstest (Einschätzungsbogen mit 10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Cronbach's $\alpha = .871$) genutzt, um zu ermitteln, inwiefern die Lernenden die jeweiligen Unterrichtsphasen als ansprechend und motivierend empfunden haben, sowie ein Test zur Erfassung der *Kognitiven Belastung* (Einschätzungsbogen mit 10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Cronbach's $\alpha = .834$) der Lernenden in den Arbeitsphasen. Gleichzeitig wird sowohl nach der Experimentierphase als auch nach der Theoriephase (also nach der gesamten Intervention), erneut der Fachwissenstest eingesetzt, um die Wirkungen der einzelnen Phasen auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler feststellen zu können. Über die genannten punktuellen Testungen hinaus werden die individuellen Handlungen der Schülerinnen und Schüler mittels Bildschirm- bzw. Videoaufnahmen erfasst (Kieserling & Melle, in print).

Ausgewählte erste Ergebnisse

Im Zuge dieses Projektes wurden bisher zwei Voruntersuchungen durchgeführt, so dass im Folgenden ausgewählte Ergebnisse beider präsentiert werden sollen. Essentielle Veränderungen von Voruntersuchung I (VU I) zu Voruntersuchung II (VU II) ergaben sich zunächst hinsichtlich der Überarbeitung der Testinstrumente in Bezug auf *Fachwissen*, *Attraktivität* und *Kognitive Belastung*, welche sich mit Blick auf ihre Cronbachs α-Werte weiter verbessert haben. Außerdem wurden im Rahmen der VU II am Ende der Theoriephase sowohl digitale als auch analoge Karteikarten für Schülerinnen und Schüler zur Verfügung gestellt, die frühzeitig mit der Bearbeitung der Theorie fertig waren. Diese Karteikarten haben insgesamt noch einmal die theoretischen Inhalte zusammengefasst, was im Folgenden für die nähere Betrachtung der Ergebnisse des Fachwissenstests relevant wird.

In Hinblick auf die Forschungsfrage F1 kann grundsätzlich gesagt werden, dass sich das *Fachwissen* im Rahmen der VU I ($n = 83$) sowohl in der digitalen als auch in der analogen Gruppe signifikant verbessert hat (digital: $p < .001$, $\varphi = .75$; analog: $p = .002$, $\delta = .62$). Hinsichtlich des Zuwachses innerhalb der einzelnen Phasen ist zu beobachten, dass in der Experimentierphase zunächst beide Gruppen signifikant dazulernten (digital: $p = .009$, $\varphi = .35$; analog: $p < .001$, $\delta = .76$). In der Theoriephase dagegen lernte jedoch lediglich die digitale Gruppe signifikant dazu ($p < .001$, $\delta = .69$), während die analoge Gruppe stagnierte ($p = .618$, $\delta = .09$). Der Vergleich der Ergebnisse der beiden Gruppen zu den einzelnen Testzeitpunkten zeigt, dass beim Post-Test der VU I ein signifikanter Unterschied zwischen

den beiden Gruppen besteht (p = .001, δ = .76). Dieser ist jedoch in der VU II (n = 71) nicht zu finden (p = .831, φ = .03). Es kann vermutet werden, dass dies mit dem Einsatz der bereits erwähnten Karteikarten am Ende der Theoriephase zusammenhängt, so dass die analoge Gruppe in VU II durch diese noch einmal deutlich dazu gelernt haben könnte. Die nähere kritische Betrachtung der Karteikarten deckte auf, dass die Inhalte der Karten zu stark an die Aufgaben des Fachwissenstests angelehnt waren und so eine Art *teaching to the test* vorlag. Dadurch werden mögliche Effekte verschmiert und es kann keine Aussage mehr darüber gemacht werden, ob die fachlichen Inhalte innerhalb der Theoriephase oder nur durch die abschließenden Karteikarten gelernt wurden. Deshalb werden die Karteikarten in der nachfolgenden Hauptuntersuchung nicht mehr eingesetzt. Es ist zu vermuten, dass die Karteikarten vor allem in der analogen Gruppe einen Effekt hatten, weil diese dort, als ein anderes Medium als die Arbeitshefte, eine besondere Aufmerksamkeit der Lernenden erhielten, während innerhalb des digitalen iBooks von den Schülerinnen und Schülern lediglich weitere Seiten durchgearbeitet werden konnten. Dies kann aber erst nach der Auswertung der Video- und Bildschirmaufnahmen mit Sicherheit gesagt werden. Nach der Experimentierphase gab es zwischen den beiden Gruppen weder in der VU I (p = .854, φ = .02) noch in der VU II (p = .233, δ = .29) signifikante Unterschiede.

Zur Untersuchung der Forschungsfrage F2 wurde in Bezug auf die *Attraktivität* der Unterrichtsmaterialien ein Einschätzungsbogen mit 6-stufiger Likert-Skala eingesetzt, wobei der Wert 6 der höchsten Attraktivität und 1 dem niedrigsten Grad an Attraktivität entspricht. Sowohl die VU I (N = 85) als auch die VU II (N = 70) lieferten ähnliche Ergebnisse: So kann grundsätzlich gesagt werden, dass die Schülerinnen und Schüler sowohl der digitalen als auch der analogen Gruppe in beiden Voruntersuchungen die Lernumgebung über alle Unterrichtsphasen als attraktiv bewerten (VU I: $M_{digital}$ = 4.86, M_{analog} = 4.71; VU II: $M_{digital}$ = 4.74, M_{analog} = 4.58). Insgesamt wird die Experimentierphase von den Lernenden als am attraktivsten bewertet (VU I: $M_{digital}$ = 5.14, M_{analog} = 4.98; VU II: $M_{digital}$ = 5.26, M_{analog} = 5.07). Signifikante Unterschiede zwischen der digitalen und der analogen Gruppe konnten nicht ermittelt werden.

Die Forschungsfrage F3 zur *Kognitiven Belastung* wurde mit einem weiteren Einschätzungsbogen ebenfalls mit 6-stufiger Likert-Skala untersucht, wobei der Wert 6 einer niedrigen und der Wert 1 einer hohen kognitiven Belastung entspricht. Auch hier lieferten die VU I (n = 85) und die VU II (n = 71) ähnliche Ergebnisse. So konnten zwischen der digitalen und der analogen Gruppe keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Beide Gruppen in beiden Voruntersuchungen schätzen den Experimentierteil als weniger belastend (VU I: $M_{digital}$ = 4.62, M_{analog} = 4,61; VU II: $M_{digital}$ = 5.08, M_{analog} = 4.88) als den Theorieteil (VU I: $M_{digital}$ = 4.51, M_{analog} = 4.28; VU II: $M_{digital}$ = 4.53, M_{analog} = 4.48) ein.

Fazit und Ausblick

Insgesamt kann aus den ersten Ergebnissen resümiert werden, dass der Einsatz digitaler Medien im Rahmen beider Voruntersuchungen keine negativen Effekte, sondern tendenziell einen positiven Einfluss auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler hatte. Dies kann mit Blick auf die zunehmende Digitalisierung der deutschen Schulen Ängste hinsichtlich der Abnahme von Unterrichtsqualität mindern.

Nach der Überarbeitung und Anpassung aller Materialien und Tests nach der zweiten Voruntersuchung erfolgt im Herbst 2019 die Hauptuntersuchung des Projekts mit einer Stichprobe von $N \approx 300$. Zur Analyse der Bildschirm- sowie Videoaufnahmen ist die Entwicklung geeigneter Kodiermanuale erforderlich, welche den Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den Lernmaterialien fokussieren sollen.

Literatur

Bastian, J. & Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In J. Bastian & S. Aufenanger (Eds.), Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden: Springer VS, 1-11

Becker, S., Klein, P., Gößling, A. & Kuhn, J. (2017). Technologie-unterstütztes Lernen im Physikunterricht mittels mobiler Videoanalyse. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung

Bosse, I. (2012). Medienbildung im Zeitalter der Inklusion. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen

CAST (2012). Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads (25.09.2018)

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6 (6), 763–772

Kieserling, M., & Melle, I. (in print). An experimental digital learning environment with universal accessibility. Chemistry Teacher International, 1–9

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf (25.09.2018)

Meyer, A., Rose, D.H. & Gordon, D. (2014). Universal Design for learning: Theory and practice. Wakefield MA: CAST.

Pola, A. & Haage, A. (2015). Ohne Medien keine Inklusion – Aktive Medienarbeit schafft soziales Miteinander. In: Praxis Fördern: Zeitschrift für individuelle Förderung und Inklusion, 2, 4-6

Reiners, C. (2017). Chemie vermitteln - Fachdidaktische Grundlagen und Implikation. Berlin: Springer

Sieve, B. & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (145), 2-7

Weiß, R. H., & Weiß, B. (2006). CFT 20-R mit WS/ZF-R: Grundintelligenztest Skala 2-Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest-Revision (WS/ZF-R). Göttingen: Hogrefe

Sandra Puddu[1] [1]Universität Wien, PH Wien
Brigitte Koliander[2] [2]PH Niederösterreich
Jure Purgaj[3] [3]PH Wien
Philipp Spitzer[4] [4]Universität Wien

Forschendes Lernen – inklusiv und digital unterstützen

Einleitung

Forschendes Lernen wird als wichtiger Teil der Laborpraxis gesehen, die Implementierung in der Schule ist nicht einfach (Blanchard et al., 2010). Obwohl nationale Bildungsstandards und auch Lehrpläne die Umsetzung von Forschendem Lernen im Unterricht fordern, wird es kaum umgesetzt. In Österreich etwa setzen nur 25% der Lehrpersonen Forschendes Lernen in ihrem Unterricht ein (Hofer, Lembens & Abels, 2016). Unter den Gründen, warum Forschendes Lernen im Unterricht kaum umgesetzt wird, sind die hohen Anforderungen an die Lernenden und an die Lehrpersonen zu finden. Zwei Umsetzungsschwierigkeiten, die aus der Literatur bekannt sind, sind das Fehlen der Lernbegleitung (vgl. Blanchard et al., 2010; Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Mostafa, 2018) und fehlendes Wissen über Forschung und Erkenntnisgewinnung (vgl. Blanchard et al., 2010; Lustick, 2009).

Das Projekt INQUIRYsteps

Das Projekt INQUIRYsteps zielt darauf ab, die Schwierigkeiten und Hürden zu verringern, die einer Einführung von Forschendem Lernen im Wege stehen. Zu diesem Zweck wird eine digitale Lernbegleitung entwickelt, welche sowohl Lernende als auch Lehrende unterstützt. Individuelle Lernbegleitung unter Berücksichtigung der Diversität der Lerngruppen ist eine große Herausforderung. Dieses Projekt entwickelt als Hilfestellung für den Unterricht in Klassen mit hoher Diversität eine individuelle, problemspezifische Lernbegleitung durch eine Website. Zusätzlich zu den aufgabenspezifischen Informationen werden Informationen über Forschung bereitgestellt. Hypermedia bietet hier vielfältige Zugänge zu Information (Arnold, Kilian, Thillosen & Zimmer, 2018). Das Zusammenspiel von realen, selbst durchgeführten Versuchen unterstützt von digitaler Lernbegleitung mit zusätzlicher Unterstützung durch die Lehrperson zeichnet dieses Projekt aus.
Die Lernbegleitung sollte so angelegt sein, dass die Lernenden innerhalb ihrer Zone der nächsten Entwicklung lernen (Vygotsky, 1978). In Klassen mit hoher Diversität soll das Lernen aller unterstützt werden, deshalb sollte die gesamte Bandbreite der Leistungsfähigkeit aktiv angesprochen werden (Sliwka, 2010).

Lernbegleitung und Forschendes Lernen

In der Lernbegleitung kann macro-scaffolding und micro-scaffolding unterschieden werden (Hammond & Gibbons, 2005). Macro-scaffolding beinhaltet die Lernbegleitung, die im Vorfeld geplant und vorbereitet werden kann, während micro-scaffolding die spontane Lernbegleitung in der Klasse beinhaltet, die nicht vorher geplant werden kann. Das Projekt fokussiert auf das macro-scaffolding, welches die Aufgaben, alle Zusatzinformationen und Hilfen umfasst, welche die Aktivitäten der Lernenden unterstützen sollen. Diese Hilfen können von den Lernenden werden verwendet um Versuche aktiv durchführen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Level des Forschenden Lernens. Um die Lernenden nicht zu überfordern, werden nur Level 1 und Level 2 eingesetzt. Bei Level 1 übernehmen die Lernenden nur die Interpretation der Ergebnisse, bei Level 2 wählen die Lernenden die Methode, mit der sie die Fragestellung bearbeiten wollen und werten anschließend die gewonnenen Ergebnisse aus.

	Source of the Question	Data Collection Methods	Interpretation of Results
Level 0: Verification	Given by teacher	Given by teacher	Given by teacher
Level 1: Structured	Given by teacher	Given by teacher	**Open to student**
Level 2: Guided	Given by teacher	**Open to student**	**Open to student**
Level 3: Open	**Open to student**	**Open to student**	**Open to student**

Tab. 1: Die Level Forschenden Lernens (Blanchard et al., 2010)

Aspekte, die bei einer digitalen Lernbegleitung zusätzlich Beachtung finden müssen, sind die Struktur der Website und das farbliche Design, durch das die Lernenden bei der Navigation unterstützt werden. Bei der Formulierung von Texten gelten für die digitale Version die gleichen Richtlinien, die auch für sprachsensible Formulierungen in analogen Versionen gelten. Zusätzlich bietet eine digitale Version z. B. die Möglichkeit, die Schriftgröße zu ändern oder sich den Text vorlesen zu lassen.

Methode

In einem früheren Projekt wurde eine analoge Einheit zum Thema „chemische Reaktionen" erstellt und getestet (Holzinger, 2018). Die Aufgaben waren so gestaltet, dass die Lernenden auf Level 1 (Tab. 1) selbständig arbeiten konnten. Als erster Schritt im Projekt INQUIRYsteps wurden diese Aufgaben überarbeitet und um eine Aufgabe auf Level 2 erweitert. Diese erweiterte Einheit wurde - noch analog - in Schulklassen der 8. und 9. Schulstufe eingesetzt um Schwierigkeiten zu erkennen und mögliche Unterstützungsmaßnahmen zu erforschen um die in der Einleitung genannten Schwierigkeiten zu überwinden. Folgende Forschungsfrage wurde dafür formuliert: „Welche Art von Unterstützung brauchen die Lernenden um Versuche zum Thema „chemische Reaktionen" erfolgreich abzuschließen?"
Im nächsten Schritt wurde die Lernbegleitung digitalisiert. Diese digitale Form wurde in einer Schulklasse der 8. Schulstufe eingesetzt. Den zeitlichen Rahmen zeigt Tabelle 2.

	Datum	Aktion	Gesammelte Daten, Art der Analyse
analog	Dezember 2018	Einsatz der analogen Materialien 9. Schulstufe, städtische Handelsakademie	Audioaufnahmen
	Februar 2019	Einsatz der analogen Materialien 8. Schulstufe, städtische Mittelschule	Audioaufnahmen, Laborjournale
	März – Mai 2019	Datenanalyse	deduktive Analyse der Audioaufnahmen und der Laborjournale unter Verwendung der Kategorien zur Lernbegleitung (Puddu, 2017; Puddu & Lembens, 2015), ergänzt durch induktive Kategorien (Temper, 2019)
digital	Mai – Juni 2019	Entwicklung der ersten digitalen Website	
	Juni 2019	Einsatz der Einheit 8. Schulstufe, städtische Mittelschule	Audioaufnahmen, digitale Einträge in die Website

			Analyse mit deduktiven und induktiven Kategorien für Weiterentwicklung der Website
	Juli – Oktober 2019	Weiterentwicklung der Website	

Tab. 2: Ablaufplan des Projekts INQUIRYsteps

Ergebnisse und Ausblick

Die Ergebnisse der Analyse der Audiodateien und der Laborjournale mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) bildeten eine gute Grundlage für die digitale Umsetzung der Unterrichtsmaterialien. Im Folgenden sollen exemplarisch drei Schwierigkeiten dargestellt werden, die bei der Bearbeitung der Materialien durch die Lernenden auftraten, und es wird beschrieben, wie dies in Folge bei der Erstellung der digitalen Begleitung berücksichtigt wurde.

Die Schülerinnen und Schüler erhielten ein Aufgabenheft und ein Laborjournal. Im Laborjournal sollten sie zu jeder Aufgabe ihre Hypothesen, Beobachtungen, Interpretation etc. niederschreiben. Als Überschriften dienten die Aufgabentitel und verkürzte Hinweise auf die Aufgabenstellung. Die meisten Gruppen verwendeten nun ausschließlich dieses Laborjournal bei der praktischen Durchführung und griffen nicht auf die genauere Anleitung im Aufgabenheft zurück. Dies führte zu einigen Unklarheiten und auch zu falschen Durchführungen der Versuche. In der digitalen Umsetzung wurde dieses Problem durch eine Zusammenführung von Aufgabenstellungen und Laborjournal gelöst. Außerdem wurden die Texte durch Videos ergänzt. Diese Videos, die z.B. die Vorbereitung der Materialien zeigen, stoppen nach einigen Handlungsschritten und können durch die SchülerInnen mittels „Weiter“-Button fortgesetzt werden, sobald diese die gezeigten Schritte nachvollzogen haben.

Ein weiteres Problem waren die Bezeichnungen der chemischen Laborgeräte, die den SchülerInnen noch unbekannt waren. Bei den analogen Materialien waren Bildkarten beigefügt, die aber von den SchülerInnen kaum verwendet wurden. Bei der digitalen Umsetzung wurde nun ein Spiel an den Anfang gestellt, bei dem die SchülerInnen die Bilder der Geräte den Namen zuordnen müssen. Erst danach beginnt die erste Aufgabenstellung.

Die dritte Schwierigkeit stellte der Unterschied zwischen Mischen und Reagieren dar. Die Aufgaben waren so gestaltet, dass zuerst das Mischen von Stoffen thematisiert wurde, danach zwei chemische Reaktionen eingeführt wurden und in einem weiteren Schritt Mischen und chemische Reaktion gegenübergestellt und der Unterschied diskutiert wurde. Die Überprüfung im Anschluss an die praktischen Aufgaben zeigte, dass die SchülerInnen die Versuche zum Mischen auch als chemische Reaktionen wahrgenommen hatten. In der digitalen Umsetzung wurden deswegen die Mischversuche herausgenommen und die Kennzeichen einer chemischen Reaktion stärker in den Blick genommen.

Die entstandene digitale Website wurde in einer Klasse eingesetzt und erneut Daten erhoben. Diese erhobenen Daten werden momentan ausgewertet und die Analysen zur Weiterentwicklung verwendet.

Literatur

Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A. & Zimmer, G. (2018). *Handbuch E-Learning [Handbook E-Learning]*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education, 94*(4), 577-616.

Hammond, J. & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect, 20*(1), 6-30.

Hofer, E., Lembens, A. & Abels, S. (2016). Enquiry-based science education in austrian teacher professional development courses. In I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Science education research and practical work* (pp. 271-277). Aachen, Germany: Shaker.

Holzinger, E. (2018). *Erstellung und Evaluation einer Lernschachtel zum Thema "Chemische Reaktionen".* (Diplomarbeit), Universität Wien, Wien.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist, 41*(2), 75-86.

Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 2. überarbeitete Auflage: Beltz Juventa.

Lustick, D. (2009). The Failure of Inquiry: Preparing Science Teachers with an Authentic Investigation. *Journal of Science Teacher Education, 20*(6), 583-604.

Mostafa, T. (2018). How do science teachers teach science - and does it matter? doi:https://doi.org/10.1787/f3ac3fd6-en

Puddu, S. (2017). *Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry* (Vol. 247). Berlin: Logos.

Puddu, S. & Lembens, A. (2015). Scaffolding bei der Einführung Forschenden Lernens. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014* (pp. 85-87). Kiel: IPN.

Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Ed.), Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge (pp. 205-217): OECD Publishing. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1787/9789264079731-12-en.

Temper, L. (2019). *Weiterentwicklung und Evaluation von Materialien zum Thema „Chemische Reaktionen“ im Projekt Inquiry Steps.* (Diplomarbeit), Universität Wien, Wien.

Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Mind and Society* (pp. 79-91). Cambridge: Harvard University Press.

Julian Küsel
Silvija Markic
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

TPACK und Einstellungen über digitales Lernen von Lehramtsstudierenden

Theoretischer Hintergrund

Ausgehend von der Bildungspolitik in Deutschland und der allgemeinen Digitalisierung in der Gesellschaft gibt es nun die Forderung, dass Schülerinnen und Schüler in der Schule mit digitalen Medien lernen sollen (KMK, 2016; 2019). Das Lernen mit digitalen Medien hat insbesondere in der naturwissenschaftlichen Bildung mehrere Vorteile, wie z.B. Unterstützung beim Verständnis von wissenschaftlichen Ideen und Ansätzen sowie von naturwissenschaftlichem Wissen (Hilmayr et al., 2017; Hogarth et al., 2006).

Studien zeigen jedoch, dass noch zu wenig Lehrerinnen und Lehrer digitale Medien in ihren Klassenzimmern einsetzen (z.B. Eickelmann & Gerick, 2017; Schmid, Goertz, Radomski, Thom & Behrens, 2017). Als ein Grund dafür werden mangelnde Kompetenzen und Wissen bei der Gestaltung von Lehr- und Lernsituationen mit digitalen Medien genannt (Initiative D21 e.V., 2016; Schmid et al., 2017; Kohler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014). Dies bedeutet, dass für die Anforderung, digitale Technologien im naturwissenschaftlichen Unterricht zu implementieren, Lehrerinnen und Lehrer professionalisiert werden sollten.

Koehler und Mishra (2008) fassen das Wissen, das Lehrerinnen und Lehrer für eine erfolgreiche Implementation digitaler Medien benötigen, als Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) zusammen. Sie beschreiben Zusammenhänge und Komplexitäten zwischen pädagogischem Wissen (PK), Inhaltswissen (CK) und technologischem Wissen (TK). Der Schnittbereich TPACK umfasst das Wissen zur Auswahl und Nutzung von Technologien zur Förderung von Lernprozessen zu fachlichen Inhalten. TPACK fasst somit das Wissen zusammen, das Lehrerinnen und Lehrer benötigen, um digitale Medien effektiv in ihren Unterricht zu integrieren (Schmidt et al., 2009).

Neben diesem Wissen ist das Unterrichten von Lehrpersonen stark von ihren Einstellungen beeinflusst (Goodman, 1988). Diese Einstellungen beeinflussen den Aufbau persönlicher Ziele und dementsprechend neues Verhalten, wie z.B. das Lernen mit digitalen Medien (Lent, Brown & Hackett, 2002; Bandura, 1997).

Ziel einer Professionalisierung sollte somit der Aufbau von TPACK und das Entwickeln von positiven Einstellungen gegenüber der Integration von digitalen Medien im Unterricht sein. Weil die Wirkung punktueller Lehrerfortbildung, insbesondere für Einstellungen, in Frage gestellt wird (Reusser & Tremp, 2008), entschieden wir uns im Rahmen der vorliegenden Interventionsstudie, einen langfristig angelegten Lernprozess anzuregen und früh damit anzufangen. Dafür wurde ein Seminar für Lehramtsstudierende der Chemie und des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts entwickelt, implementiert und evaluiert, welches das Lehren und Lernen mit digitalen Medien lehrt.

Gestaltung des Seminars

Das neu entwickelte Seminar folgt einem Blended-Learning-Ansatz (Kerres & de Witt, 2003) mit digitalen Medien. Das Seminar ist dabei in 4 Phasen eingeteilt:

1. Online-Lernmaterial für das Lernen zu Hause (Fokus auf Medienpädagogik)
2. Diskussion und Reflexion der Phase 1 und des erworbenen Wissens; Fokus auf einer Vielzahl digitaler Medien und der Organisation von Lehren und Lernen
3. Entwicklung von Lehrvideos zu naturwissenschaftlichen Themen
4. Anwendung des Wissens: Detailplanung eines kurzen Unterrichtsplans mit Reflexion des eigenen Lernprozesses mit digitalen Medien

Forschungsfragen

Ausgehend von der Theorie werden drei zentrale Forschungsfragen für die Evaluation des Seminars aufgestellt:

(i) Wie evaluieren Lehramtsstudierende das entwickelte Seminar und welche Wünsche und Ideen gibt es für dessen Verbesserung?
(ii) Welchen Effekt hat das Seminar auf das TPACK der Lehramtsstudierenden der Chemie und des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts?
(iii) Welchen Effekt hat das Seminar auf die Einstellungen der Lehramtsstudierenden der Chemie und des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts gegenüber dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien in ihrem zukünftigen Unterricht?

Methode und Stichprobe

Zur Beantwortung der drei Forschungsfragen wurden verschiedene Methoden eingesetzt:

(i) Die Evaluation der ersten Forschungsfrage basiert auf offenen Fragen.
(ii) Das selbst eingeschätzte TPACK der Lehramtsstudierenden wurde mit einem quantitativen Fragebogen erfasst (Schmidt et al., 2009, übersetzt von Mahler & Arnold, in Vorb.).
(iii) Um die Einstellungen der Lehramtsstudierenden zu ermitteln, wurde ein quantitativer Fragebogen genutzt (Skalen von Hulleman et al. 2010; Hulleman & Harackiewicz 2009; Davis 1989; Lent et al. 2005, übersetzt und leicht modifiziert).

Für die Beantwortung der Forschungsfragen (ii) und (iii) wurde ein Pre-Post-Follow-Up-Design genutzt. Der Post-Test erfolgte ein paar Tage nach dem Seminar und der Follow-Up-Test 4 Monate nach dem Seminar.

Die Stichprobe bestand aus 24 Lehramtsstudierenden der Chemie und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. 20 von ihnen waren Bachelor-Studierende des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts und standen damit am Beginn ihres Studiums. Vier der Studierenden waren Master-Studierende der Chemie und im Schnitt im 8. Semester. Ca. 80% der Studierenden waren weiblich, was dem üblichen Verhältnis an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg entspricht. Die Daten wurden mit t-Tests für gepaarte Stichproben analysiert.

Ergebnisse

(i) Nach dem Seminar beantworteten die Studierenden offene Fragen, um das Seminar zu bewerten. Sie äußerten, dass sie Spaß an der Produktion der Lernvideos hatten und fanden es gut, dass sie viele Geräte und Apps ausprobieren und so lernen konnten. Sie erklärten, dass sie viele Anwendungsmöglichkeiten und Vorschläge für den eigenen zukünftigen Unterricht gewonnen haben und einen guten Überblick über Technologien bekamen. Sie wiesen auf die gute Struktur und die Vorteile eines Blended-Learning-Ansatzes hin. Die praktischen Tätigkeiten und die aktiven Teile des Seminars wurden hervorgehoben. Verbesserungswürdig war für die Studierenden nach der ersten Durchführung das Timing in den Arbeitsphasen und es wurden mehr praktische Beispiele für den Unterricht gewünscht. Basierend auf der Bewertung nach der zweiten und dritten Durchführung verbesserte sich das Seminar in beiden Punkten.

(ii) Die Abbildung 1 (links) zeigt die Entwicklung des wahrgenommenen TCK, TPK und TPACK im Pre-, Post. und Follow-Up-Fragebogen. Das sind die Schnittstellen, in denen das technologische Wissen mit den anderen Bereichen kombiniert ist. Die Werte in Pre-, Post- und Follow-Up haben an den drei Schnittstellen ähnliche Werte. Der Wert im Pre-Test liegt bei etwa 2,9 und erhöht sich im Post-Test auf einen Wert von etwa 4,1. Im Follow-Up-Test

reduzierte sich der Wert auf ca. 3,8 in TCK, TPK, TPACK. Die Entwicklung ist jeweils signifikant und hat einen großen Effekt.
(iii) In der Abbildung 1 (rechts) ist auch die Entwicklung der Einstellungen im Pre-, Post- und Follow-Up-Fragebogen dargestellt. Der Wert steigt leicht an, die Entwicklung ist jedoch nicht signifikant. Insgesamt bleiben die Einstellungen mit einem Wert um 4,15 auf einem hohen Niveau.

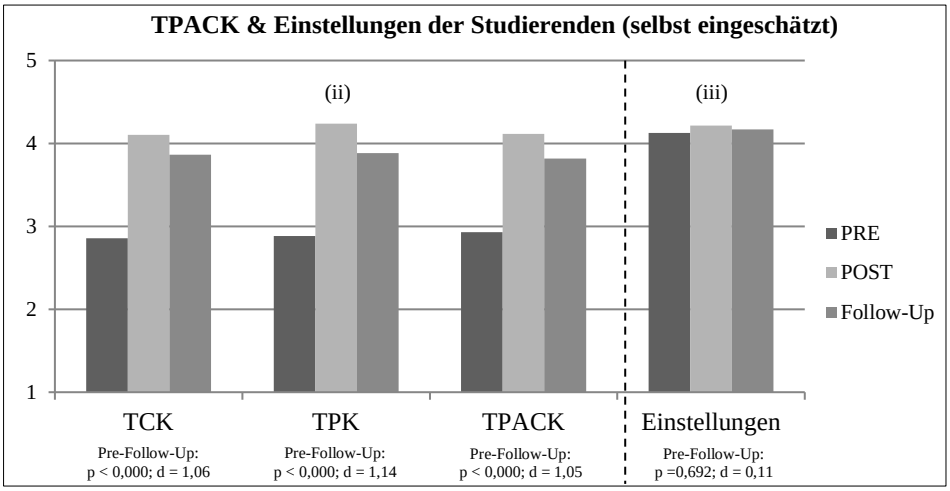


Abb. 1 - TPACK & Einstellungen (selbst eingeschätzt), N=24, Likert-Skala 1-5.

Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt die Entwicklung des selbst-eingeschätzten TPACKs und der Einstellungen der Lehramtsstudierenden der Stichprobe gegenüber der Nutzung digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht vor und nach einem Seminarbesuch. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Lehramtsstudierenden ein positives Bild von der Veranstaltung und vom Seminarkonzept haben. Die Evaluationen nach der zweiten und dritten Durchführung des Seminars verbesserten sich.
Bezüglich des selbsteingeschätzten TCK, TPK und TPACK zeichnet sich eine signifikante Steigerung mit dem höchsten Werten in der Post-Studie ab. Wir schließen daraus, dass das Seminar zu einem gesteigerten selbsteingeschätzten TPACK führt. Deshalb nehmen wir an, dass das TPACK der Lehramtsstudierenden sich steigern konnte.
Im Gegensatz dazu haben sich die Werte der Einstellungen der Studierenden nicht verändert, sondern blieben auf einem hohen Niveau. Es wird vermutet, dass diese Ergebnisse einerseits darauf beruhen, dass das Seminar keine Pflichtveranstaltung war, also freiwillig gewählt wurde. Somit liegt nahe, dass die Teilnehmenden vornehmlich Studierende waren, die bereits im Vorfeld eine Affinität zu digitalen Medien im Unterricht hatten. Gleichzeitig ist das Thema in Deutschland gerade im Trend, wenn man an den *DigitalPakt Schule* und die allgemeine Digitalisierung denkt. Dieses wird die Einstellungen der Studierenden beeinflusst haben, bevor sie das Seminar besuchten. Für uns ist das Gleichbleiben der Einstellungen ein positives Ergebnis, weil wir die Studierenden mit einem realistischen Blick, auch auf eine eventuell arbeitsreiche und schwierige Implementation, ausgestattet und sie nicht enttäuscht haben. Weitere Anregungen für die Entwicklung des Seminars wurden aufgenommen.
Basierend auf der Evaluation kann dieses Seminar zukünftigen Lehramtsstudierenden dabei helfen, digitale Medien in ihrem zukünftigen Unterricht didaktisch sinnvoll zu nutzen.

Literatur

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340

Eickelmann, B. & Gerick, J. (2017). Lehren und Lernen mit digitalen Medien - Zielsetzungen, Rahmenbedingungen und Implikationen für die Schulentwicklung. *Schulmanagement Handbuch*, 4, 54–81.

Goodman, l. (1988). Constructinag practical philosophy of teaching. study of pre-service teachers`professional perspecgtive. *Teaching and Teacher Education*, 4, 121-137.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann

Hogarth, S., Bennett, J., Lubben, F., Campbell, B. & Robinson, A. (2006) ICT in Science Teaching. Technical Report. In: *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London

Hulleman, C. S., Godes, O., Hendricks, B. L., & Harackiewicz, J. M. (2010). Enhancing interest and performance with a utility value intervention. *Journal of Educational Psychology*. 102, 880-895

Hulleman, C. S. & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326, 1410-1412

Initiative D21 e.V. (Hrsg.) (2016). *Sonderstudie „Schule Digital". Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte*. Verfügbar unter https://initiatived21.de/app/uploads/2017/01/d21_schule_digital2016.pdf

Kerres, M. & C. de Witt (2003b). A didactical framework for the design of blended learning arrangements. *Journal of Educational Media*. 28, 101-114

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz Bildung in der digitalen Welt*. Berlin. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre*. Berlin. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/BS_190314_Empfehlungen_Digitalisierung_Hochschullehre.pdf

Koehler, M.J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.). *The handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*. (pp. 3-29). New York. NY: Routledge

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 4th ed., S.101–111. Dordrecht: Springer.

Kramarski, B. & Michalsky, T. (2010). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434-447.

Lent, R.W., Brown, S. D. & Hackett, G. (2002). Social cognitive career theory. In D. Brown (Ed.), *Career choice and development* (pp. 255–311). San Francisco: Jossey-Bass.

Lent, R.W., Brown, S. D., Sheu, H., Schmidt, J., Brenner, B. R., Gloster, C. S., et al. (2005). Social cognitive predictors of academic interests and goals in engineering: Utility for women and students at historically Black universities. *Journal of Counseling Psychology, 52*(1), 84–92

Reusser, K. & Tremp, P. (2008). Diskussionsfeld «Berufliche Weiterbildung von Lehrpersonen» - In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 26, 1, 5-1

Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S. & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung. Die Hochschulen im digitalen Zeitalter*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/BSt_MDB3_Schulen_web.pdf

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson A. D., Koehler, M.J., Mishra, P. & Shin, T. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK). The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149

Franziska Zimmermann Technische Universität Dortmund
Insa Melle

Professionalisierung für einen digital gestützten Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Mit Blick auf die Herausforderungen der zunehmenden Digitalisierung der Gesellschaft ist auch das deutsche Schulsystem gefordert, innovative Informations- und Kommunikationstechnologien in die Lehr- und Lernprozesse zu integrieren (KMK, 2016; Schmid, Goertz & Behrens, 2017). Allerdings fühlt sich die Mehrheit der Lehrkräfte nicht ausreichend qualifiziert und überfordert, die an sie gestellten Anforderungen der digitalen Welt umzusetzen (Bos et al., 2016). Es ist daher von zentraler Bedeutung, die digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte über entsprechende Qualifizierungsprogramme umfassend zu stärken. Entsprechend besteht ein hoher Fort- und Ausbildungsbedarf (Schmid et al., 2017; Mahler & Arnold, 2017; Bastian, 2017; Becker & Nerdel, 2017). Vor diesem Hintergrund wurde ein Hochschulseminar entwickelt und evaluiert, welches das Ziel hat, angehende Chemielehrkräfte für den kompetenten Einsatz digitaler Werkzeuge zu professionalisieren (Zimmermann & Melle, 2019).

Zur Analyse der Kompetenzen für die Digitalisierung wird das TPACK-Modell (*technological pedagogical content knowledge*) herangezogen, welches die verschiedenen Wissensbereiche abbildet, in denen Lehrpersonen im Zuge der Digitalisierung geschult werden müssen (Mishra & Koehler, 2006). Grundlage des TPACK Modells bildet das *pedagogical content knowledg*e nach Shulman (1986), welches sich aus dem pädagogischen Wissen (PK), dem Fachwissen (CK) sowie ihrer Schnittmenge, dem fachdidaktischen Wissen (PCK), zusammensetzt. Um die Kompetenzen für die Digitalisierung zu beschreiben, wird dieses Modell um das Technologiewissen (TK) erweitert, wobei gleichzeitig weitere Wissensbereiche entstehen: das technologisch pädagogische Wissen (TPK), das technologiespezifische Inhaltswissen (TCK) und das technologisch pädagogische Inhaltswissen (TPACK), welches die Schnittmenge aller Wissensbereiche darstellt (vgl. Cetin-Dindar, Boz, Sonmez, & Celep, 2018; Mahler & Arnold, 2017; Mishra & Koehler, 2006). In diesem Projekt wird der Fokus auf die technologiebezogenen Wissensbereiche gelegt.

Forschungsdesign

Das entwickelte Seminar „Unterrichtsmethoden und Medien für die Digitalisierung im Chemieunterricht“ ist ein obligatorisches Seminar für Lehramtsstudierende der TU Dortmund mit dem Schulfach Chemie im Masterstudiengang. Dieses wird von ihnen in dem Praxissemester vorangehenden Semester besucht, um auf diese Weise die unterrichtspraktische Umsetzung der Seminarinhalte im jeweils nachfolgenden Praxissemester evaluieren zu können.

Inhalte des Seminars

Insgesamt setzen sich die Studierenden theoretisch, aber insbesondere praktisch mit sehr vielfältigen Aspekten des digital gestützten Chemieunterrichts auseinander und lernen so eine Vielzahl an verschiedenen Apps, Programmen und Methoden für den Einsatz digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht kennen. Dabei ist das Seminar in die vier thematischen Schwerpunktblöcke „Grundlagen des Einsatzes digitaler Werkzeuge“, „Unterrichtspraktische Implementation digitaler Werkzeuge“, „Experimente mit digitalen Werkzeugen“ sowie „Methodische Aspekte der Implementation digitaler Werkzeuge“ unterteilt.

Forschungsfragen

Angelehnt an die Evaluationsschritte nach Kirkpatrick und Kirkpatrick (2006) wird das Seminar auf den vier Ebenen *Attraktivität, kognitive Veränderungen, unterrichtspraktische Umsetzung* und *Wirkungen auf die Lernenden* mit Fokus auf die nachfolgenden Hauptforschungsfragen evaluiert (vgl. Schmitt, 2016; Schlüter, 2018).

Attraktivität: Empfinden die Studierenden das Seminar als attraktiv?

Kognitive Veränderungen: Führt das Seminar zu einer Veränderung der TPACK-Selbstwirksamkeit und der Einstellung der Studierenden? Führt die Seminarteilnahme zu einer Veränderung der Fähigkeiten der Studierenden, digitale Werkzeuge in die Unterrichtsplanung zu integrieren?

Unterrichtspraktische Umsetzung: Setzen die Studierenden nach der Teilnahme an dem Seminar die Inhalte im Rahmen des Praxissemesters adäquat um?

Wirkung auf die Lernenden: Welchen Effekt hat der von den Studierenden geplante und durchgeführte Unterricht auf die Lernenden?

Untersuchungsaufbau und Testinstrumente

In der ersten Seminarsitzung wird erhoben, inwiefern die Studierenden bereits in der Lage sind, Chemieunterricht unter Verwendung digitaler Medien zu planen (hoch-inferentes Kodiermanual für die Analyse der Wissensbereiche TK, TCK, TPK des TPACK-Modells in den Unterrichtsplanungsergebnissen; $ICC_{unjust.} = .991$). Dazu bekommen die Studierenden die Aufgabe, eine Unterrichtsstunde zu planen, in welcher digitale Werkzeuge bestmöglich eingesetzt werden sollten. Anschließend wird ein Interview mit den Studierenden geführt, in welchem sie ihre Planungen im Detail vorstellen, erläutern und begründen sollen. Zudem werden die Einstellung (5-stufige Likert-Skala, 34 Items, $\alpha = .899$; in Anlehnung an das *technology acceptance model* nach Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989), die Selbstwirksamkeit (5-stufige Likert-Skala, 31 Items, $\alpha = .964$; fokussierte Bereiche des TPACK-Modells: TK, TCK, TPK, TPACK; in Anlehnung an Schmidt et al., 2009) sowie die Vorerfahrungen (Kodiermanual, in Arbeit) der Studierenden im Umgang mit digitalen Medien ermittelt. Anschließend erfolgt die Intervention, welche aus zwölf Seminarsitzungen besteht. In der letzten Seminarsitzung wird für einen Pre-Post-Vergleich erneut die Fähigkeit der Studierenden erhoben, inwiefern sie in der Lage sind, Unterricht zum Einsatz digitaler Medien zu planen. Darüber hinaus wird auch die Wirkung des Seminars auf die TPACK-Selbstwirksamkeit und Einstellung der Studierenden über den Pre-Post Vergleich ermittelt. Zusätzlich schätzen die Studierenden über einen Attraktivitätstest die Seminarqualität nach den einzelnen thematischen Blöcken ein (5-stufige Likert-Skala, 24 Items, $\alpha = .850$).

Im anschließenden Schulhalbjahr wird die Umsetzung der im Seminar erlernten Inhalte im Praxissemester untersucht, indem der von den Studierenden geplante und durchgeführte Unterricht videografiert wird. Für die Analyse dieser Videos wurden im Rahmen der Voruntersuchung bereits zwei verschiedene Kodiermanuale erprobt (Yavuz, 2019). Bei dem einem handelt es sich um ein hoch-inferentes Verfahren, mithilfe dessen die Kompetenzen der Studierenden in den Bereichen TK, TPK und TCK des TPACK-Modells evaluiert werden (VU: $ICC_{unjust.} = .907$). Zudem werden auch die von den Studierenden eingesetzten Medien analysiert (niedrig-inferentes Kodiermanual, VU: κ zwischen .665 und 1.000). Neben der Videografie des Unterrichts wird im Rahmen der unterrichtspraktischen Erprobung die Wirkung auf die Lernenden mithilfe eines Schülerfragebogens ermittelt (5-stufige Likert-Skala, 10 Items, $\alpha = .872$; offenes Aufgabenformat).

Zum Abschluss werden nach dem Praxissemester die langfristige Wirkung des Seminars auf die TPACK-Selbstwirksamkeit und die Einstellung der Studierenden erhoben, indem diese in Form eines Follow-up-Tests am Ende des Praxissemesters ein drittes Mal erfasst werden.

Erste Ergebnisse

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse stammen aus der Hauptuntersuchung. Da diese noch nicht vollständig abgeschlossen ist, handelt es sich derzeit nur um vorläufige Befunde.

Attraktivität

Zur Erfassung der Seminarqualität wurde das Seminar von den Studierenden insgesamt vier Mal zu den einzelnen thematischen Blöcken eingeschätzt. Es wird deutlich, dass die Studierenden das Seminar sehr positiv einschätzen (M_{BlockI} = 4.47; SD = 0.33; $M_{BlockII}$ = 4.58; SD = 0.31; $M_{BlockIII}$ = 4.69; SD = 0.26; $M_{BlockIV}$ = 4.69; SD = 0.31; n = 14; Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv).

Kognitive Veränderungen

Bezogen auf die Ebene der kognitiven Veränderungen konnte über einen Pre-Post-Vergleich ermittelt werden, dass durch die Seminarteilnahme sowohl die TPACK-Selbstwirksamkeit (M_{Pre} = 3.50, M_{Post} = 4.38, Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv, p < .001, δ = 1.46, n = 14) als auch die Einstellung (M_{Pre} = 3.85, M_{Post} = 4.29, Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv, p < .001, δ = 1.81, n = 14) der Studierenden im Umgang mit digitalen Werkzeugen signifikant und mit jeweils großer Effektstärke gesteigert werden können.

Beide Fragebögen wurden auch in einer Vergleichsgruppe eingesetzt, um Effekte ausschließen zu können, die beispielsweise auf eine Testwiederholung zurückzuführen sind. Die Studierenden der Vergleichsgruppe besuchten ein Vorbereitungsseminar zum Praxissemester an einer anderen Universität im gleichen Semester mit einem anderen inhaltlichen Schwerpunkt. Dabei zeigt die Überprüfung der Mittelwertunterschiede der Vergleichsgruppe bei fehlender Signifikanz nur schwache Effekte hinsichtlich der TPACK-Selbstwirksamkeit (M_{PreVG} = 3.24, M_{PostVG} = 3.34, p = .846, δ = 0.44, n = 18) und der Einstellung (M_{PreVG} = 3.68, M_{PostVG} = 3.73, p = .181, δ = 0.52, n = 18). Zusätzlich belegt der Residualvergleich, dass die TPACK-Selbstwirksamkeit (p < .001, δ = 2.35) und die Einstellung (p < .001, δ = 1.60) in der Interventionsgruppe signifikant mehr wachsen als in der Vergleichsgruppe.

Die Auswertung der Planungsergebnisse der Studierenden zum Einsatz digitaler Medien zeigt eine signifikante Verbesserung in den Wissensbereichen TK (M_{Pre} = 2.77, M_{Post} =4.75, p = .001, φ = 0.88, n = 14), TPK (M_{Pre} = 2.55, M_{Post} =4.78, p < .001, δ = 3.42, n = 14) und TCK (M_{Pre} = 2.79, M_{Post} =4.84, p = .001, φ = 0.88, n = 14).

Unterrichtspraktische Umsetzung

Erste Eindrücke deuten darauf hin, dass die Bereiche TK und TCK bei den Studierenden bereits recht stark ausgeprägt sind, während das TPK noch Entwicklungsbedarf aufweist.

Wirkung auf die Lernenden

Bezüglich der Ebene der Wirkung auf die Lernenden gaben diese im Schülerfragebogen an, dass sie die von den Studierenden verwendeten digitalen Lernmaterialien insbesondere als motivierend empfunden haben (M = 4.41, SD = 0.69, n = 110, Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv) und zudem aufmerksam waren (M = 4.21, SD = 0.70, n = 110, Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv).

Weitere Schritte

Im weiteren Verlauf wird auf der Ebene der *unterrichtspraktischen Umsetzung* analysiert, inwiefern die Studierenden die Seminarinhalte in den Videos des von ihnen durchgeführten Unterrichts im Praxissemesters adäquat umsetzen. Darüber hinaus werden die Vorerfahrungen ausgewertet und die langfristige Wirkung des Seminars auf die Einstellung und TPACK-Selbstwirksamkeit der Studierenden über einen Follow-up-Test ermittelt. Zudem wird das Seminar erneut durchgeführt und die Stichprobe somit erweitert.

Literatur

Bastian, J. (2017). Tablets zur Neubestimmung des Lernens? Befragung und Unterrichtsbeobachtung zur Bestimmung der Integration von Tablets in den Unterricht. In: J. Bastian & S. Aufenanger (Eds.), Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden: Springer VS, 139–173

Becker, S. & Nerdel, C. (2017) Gelingensbedingungen für die Implementation digitaler Werkzeuge im Unterricht. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 36-55

Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R., & Welling, S. (2016). Schule digital – der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich. Münster; New York: Waxmann

Cetin-Dindar, A., Boz, Y., Sonmez, D. Y., & Celep, N. D. (2018). Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge. Chemistry Education Research and Practice, 19 (1), 167-183

Davis, F., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Management Science 35 (8), 982-1003

D. L. Kirkpatrick, J. D. Kirkpatrick, (2006). Evaluating Training Programs. Berrett-Koehler: San Francisco

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016

Mahler, D. & Arnold, J. (2017) Wissen und Motivation von Lehrkräften in Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 264-277

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological, pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108 (6), 1017-1054

Schlüter, A.-K. (2018). Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht: Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 257. Berlin: Logos

Schmid, U., Goertz, L., & Behrens, J. (2017). Monitor Digitale Bildung: die Schulen im digitalen Zeitalter. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. Journal of research on Technology in Education, 42 (2), 123-149

Schmitt, A.-K (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Berlin: logos

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14

Yavuz, M. (2019). Analyse des Einsatzes digitaler Werkzeuge von Studierenden im Praxissemester – Entwicklung und Erprobung eines Kodiermanuals für den Chemieunterricht. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität, Dortmund

Zimmermann, F. & Melle, I. (in print). Designing a University Seminar to Professionalize Prospective Teachers for Digitization in Chemistry Education. Chemistry Teacher International

Michaela Oettle PH Freiburg
Silke Mikelskis-Seifert

Lehrkräftefachwissen in der Teilchenphysik
Finale Delphi-Ergebnisse

Die nachfolgend vorgestellte Studie bildet die dritte und letzte Befragungsrunde in einer Delphi-Befragung, welche die Modellierung desjenigen Fachwissens anstrebt, das Lehrkräfte zum Unterrichten teilchenphysikalischer Themen benötigen.

Hintergrund

Wie bereits in Oettle, Mikelskis-Seifert und Schumacher (2019) dargelegt, stellt die Teilchenphysik als Teilbereich der modernen Physik einen jungen Themenkomplex im Kontext deutschen Schulunterrichts dar. Insbesondere liegen für den neuen Themenkomplex im Rahmen von Bildungsplänen bislang keine ausgearbeiteten Standards zu Unterrichtsinhalten vor (EPA, 2004). Gleichzeitig ist bislang nicht erforscht, welches Wissen und welche Kompetenzen Lehrkräfte selbst für das Unterrichten der Teilchenphysik, ein sehr abstraktes und anspruchsvolles Thema, benötigen.
Im vorgestellten Projekt soll dem entgegengewirkt werden, indem zunächst das von Lehrkräften benötigte Fachwissen modelliert wird. In Anlehnung an weitere Projekte zur Modellierung physikalischen Fachwissens (z.B. Woitkowski, 2015, Kröger, Euler, Neumann, & Petersen, 2012), soll hierzu ein Strukturmodell entwickelt werden, welches verschiedene Wissensdimensionen umfasst. In diesem Beitrag wird auf die Dimension *Inhaltsbereich* fokussiert, für welche einzelne Subfacetten modelliert werden sollen.

Forschungsfrage und Design der Delphi-Befragung

Die nachfolgend beschriebene Delphi-Studie konzentriert sich auf die Modellierung der Dimension *Inhaltsbereich*. Es wird der Forschungsfrage nachgegangen, welche teilchenphysikalischen Themen sich hier als Subfacetten identifizieren und beschreiben lassen.
Zur Beantwortung wurde im Forschungsdesign einer Delphi-Befragung (Häder, 2014) mit drei anonymisierten Befragungsrunden die Expertise aller Berufsgruppen berücksichtigt, die sich mit Teilchenphysik in einem schulnahen Kontext beschäftigen. Im Detail handelt sich hierbei um Fachwissenschaftler mit einem gewissen Öffentlichkeitsbezug, um Fachdidaktiker, um Mitarbeitende in der teilchenphysikbezogenen Öffentlichkeitsarbeit sowie um Lehrkräfte, die bereits Erfahrung im Unterrichten von Teilchenphysik besitzen.

Rückblick: Status der Fachwissensmodellierung nach der zweiten Runde

Mithilfe der ersten beiden Runden von Befragungen aller Berufsgruppen - mit Ausnahme der Lehrkräfte - konnte bereits eine inhaltlich validierte Strukturierung der Dimension *Inhaltsbereich* erzielt werden. Hierfür wurden als Subfacetten teilchenphysikalische Themen als relevant für das Lehrkräftewissen identifiziert, die insgesamt 10 Haupt- und 35 Unterkategorien zugeordnet wurden. Eine Übersicht über das Kategoriensystem findet sich unter anderem in Oettle, Mikelskis-Seifert und Schumacher (2019).

Finale Delphi-Runde: Die Hitliste der relevantesten Fachwissenskategorien

Die Forschungsleitfragen, die mithilfe der dritten und letzten Befragungsrunde in der konzipierten Delphi-Methode beantwortet werden sollen, sind:

- Welche Kategorien aus Runde 2 sind besonders relevant für das Fachwissen?

- Welche der vom Expertengremium als besonders relevant eingeschätzten Kategorien können durch Lehrkräfte aus Praxissicht validiert werden?

Die erste Frage zielt auf einen finalen Konsens unter den teilnehmenden Experten über die fundamental wichtigsten fachwissenschaftlichen Themen ab. Die zweite Frage strebt einen Abgleich mit der Einschätzung der Lehrkräfte als den Experten aus der Praxis an.
Die dritte Befragungsrunde wurde in Anlehnung an vorangegangene Runden mithilfe von Online-Fragebögen durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden hierbei um eine Einschätzung aller 35 Unterkategorien mit teilchenphysikalischen Themen aus Runde 2 in Bezug auf ihre Relevanz für das Lehrkräftefachwissen gebeten. Die Einschätzung fand mittels Rating-Items mit sechsstufigen Likert-Skalen und vorgegebenen verbalen Ankern von 1="überhaupt nicht relevant" bis 6="sehr relevant" statt. Insgesamt füllten 35 Experten und 108 Lehrkräfte aus 7 bzw. 32 Ländern den Online-Fragebogen vollständig aus.

Kategorienrelevanzunterschiede im Expertengremium
Um für die Konsensfindung eine Komplexitätsreduktion bei der vergleichenden Auswertung der 35 Rating-Items zu erreichen, wurde zunächst mithilfe von Reliabilitätsanalysen und explorativen Faktorenanalysen gezeigt, dass die Unterkategorien zu den jeweiligen 10 Hauptkategorien gehören und damit dasselbe Konstrukt messen. Die Ausnahme bildet die Hauptkategorie „Struktur der Materie", für welche die beiden Faktoren „Materieaufbau" und „Kerne und Radioaktivität auf Elementarteilchenebene" identifiziert werden konnten. Die Rating-Items zusammengefasst zu den neuen 11 Kategorien wurden zunächst für das Expertengremium ausgewertet. *Abb. 2 (links)* zeigt die nach aufsteigender Größe sortierten Mittelwerte gemeinsam mit den Standardabweichungen.

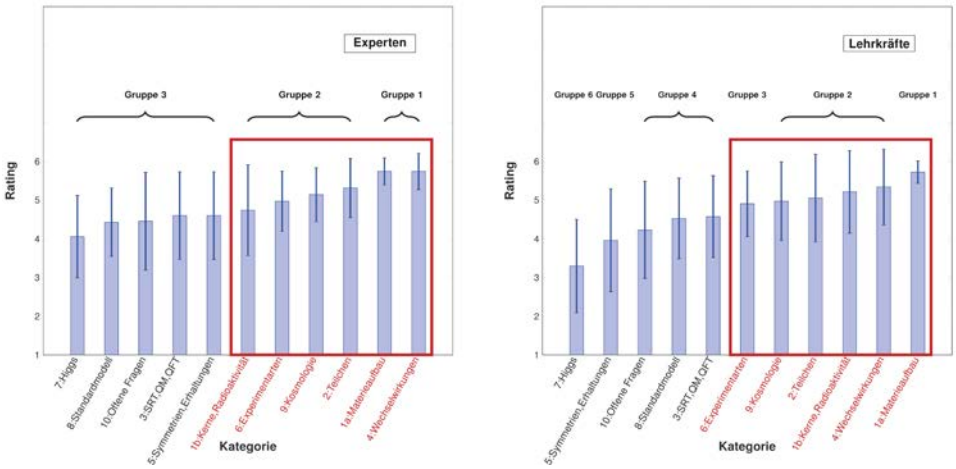


Abb.2: Relevanzeinschätzungen der 11 Kategorien durch Experten und Lehrkräfte

Signifikante Mittelwertunterschiede wurden durch eine ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt, wobei die Parameter in den Varianzanalyse durch Anpassung von LME-Modellen geschätzt wurden. Unter Hinzunahme der 11 Kategorien als Prädiktor zeigte sich ein hochsignifikant besserer Fit an die Daten verglichen mit dem Grundmodell, welches lediglich den Personenfaktor als Prädiktor annimmt ($\chi^2(10)=135.17$, $p < .0001$). Dementsprechend besitzt der Kategorientyp Einfluss auf die Relevanzeinschätzungen. Mithilfe geeigneter Posthoc-Tests konnte gezeigt werden, wo sich die Unterschiede befinden und welche Kategorien nicht voneinander unterscheidbare Einschätzungen aufweisen (siehe drei Relevanzgruppen in *Abb. 2 links*). Die Gruppen höchster und zweithöchster Relevanz

beantworten die erste Forschungsleitfrage zu den bedeutsamen Themen für das Lehrkräftefachwissen. Nach Ansicht der Experten kommt dem Materieaufbau sowie den Wechselwirkungen die höchste Bedeutung zu, während sich in der Gruppe zweithöchster Relevanz die Themen „Teilchen (in der Hochenergiephysik)“, „(Teilchenphysik in der) Kosmologie“, „Experimentarten (in der Hochenergiephysik)“ und „Kerne und Radioaktivität (auf Elementarteilchenebene)“ befinden.

Relevanzgruppen Experten vs. Lehrkräfte
Die Aufstellung der Relevanzgruppen lässt sich in der beschriebenen Weise auch für die Lehrkräfte-Einschätzungen durchführen. Die Relevanzgruppen sind in *Abb. 2 (rechts)* dargestellt. Trotz Unterschieden in der Rangfolge der 11 Kategorien und in der Anzahl der Relevanzgruppen, kann festgestellt werden, dass beide Delphi-Gruppen (Experten und Lehrkräfte) die gleichen 6 Kategorien (rot dargestellt in *Abb. 2*) als relevanter einschätzen als die restlichen Themen. Hiermit ist die zweite Leitfrage maßgeblich beantwortet. Es fällt auf, dass die weniger relevanten Themen sich durch ein höheres Maß mathematischer Modellierung und Abstraktheit auszeichnen (z.B. Standardmodell, Quantenfeldtheorie), während die relevanteren Themen konzeptueller und anschaulicher sind.
Bei der direkten Gegenüberstellung der Rangfolgen der 6 relevantesten Kategorien von Experten und Lehrkräften - wie in *Abb. 3* dargestellt – zeigen sich in einer weiteren mehrfaktoriellen ANOVA mit geeigneten Kontrasten signifikante Unterschiede in der Einschätzung der Kategorien „Wechselwirkungen“ sowie „Kerne und Radioaktivität“.

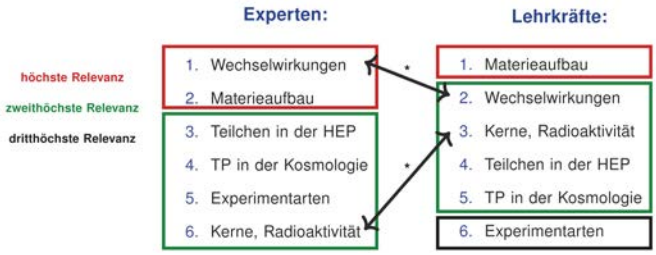


Abb.3: Die Hitlisten der relevantesten fachwissenschaftlichen Kategorien

Die Unterschiede lassen Schlüsse darüber zu, wie Experten und Lehrkräften argumentieren. Während Experten aus einer Fachsystematik heraus argumentieren, in welcher das Standardmodell und somit große Teile der Teilchenphysik auf den Wechselwirkungen fußen, schreiben Lehrkräfte ausschließlich dem Materieaufbau die größte Bedeutung zu. Außerdem scheint das Thema „Kernen und Radioaktivität“ den Lehrkräften wichtiger als den Experten zu sein. Lehrkräfte argumentieren demnach eher aus einer Curriculumssicht, in welchem bei Atommodellen bereits Teile des Materieaufbaus betrachtet werden sowie die Radioaktivität in der Regel ein Thema in der Sekundarstufe I darstellt.

Zusammenfassung und Empfehlungen
Für die Modellierung der Dimension *Inhaltsbereich* des Lehrkräftefachwissens in der Teilchenphysik konnten mithilfe der Delphi-Studie 11 relevante fachwissenschaftliche Themenkomplexe als Subfacetten identifiziert werden, unter welchen 6 Themen die höchste Relevanz besitzen. Die Ergebnisse können einerseits verwendet werden, um bislang nicht ausgearbeitete Standards in den Bildungsplänen mit Details zu füllen. Andererseits lassen sich mithilfe der Ergebnisse zukünftig fundierte Lehrkräfteaus- und -fortbildungsprogramme konzipieren, für deren Struktur eine Aufteilung in 11 Module mit einem Fokus auf den 6 relevantesten Themen zu empfehlen ist. Für den Inhalt der Module lassen sich insbesondere die in Runde 2 erarbeiteten fachwissenschaftlichen Unterkategorien verwenden.

Literatur

EPA (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik - Beschluss der KMK vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004.

Häder, M. (2014). *Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch.* Wiesbaden: Springer VS.

Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Ed.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (pp. 616-618). Münster: LIT.

Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., & Schumacher, M. (2019). Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. In C. Maurer, *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 233-36). Regensburg: Universität Regensburg.

Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung.Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung.* Berlin: Logos-Verl.

Susanne Gerlach Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Die Friseurklasse im Fokus – Ein Beitrag zur Standardentwicklung

Lehrkräfte, die in beruflichen Schulen unterrichten, müssen mit einer Vielzahl von Herausforderungen umgehen. Berufliche Schulen zeichnen sich durch Pluralität aus; Pluralität in den Bildungsgängen (in NRW sind es zurzeit 293) und der zu erwerbenden Abschlüsse, Pluralität der Schülerschaft, die diese Bildungsgänge besuchen (Pahl 2014; MSB NRW 2019) sowie Pluralität in der Ausbildung der Lehrkräfte. Im universitären Fach *Körperpflege* werden Lehrkräfte an vier Universitäten in Deutschland ausgebildet, vornehmlich um das berufliche Lehramt im Bildungsgang der Friseure auszuüben (MSB NRW 2019). Welche Voraussetzungen von Lehrkräften nötig sind, um einen qualitätsvollen Unterricht (Kunter und Ewald 2016) in den einzelnen Bildungsgängen zu gestalten, sind so vielfältig, wie die Anzahl der Bildungsgänge selbst. Ansätze für qualitätsvolles und professionelles Handeln von Lehrkräften findet man in den Konzeptualisierungen von Shulman (1986, 1987), oder dem Modell der Professionellen Handlungskompetenz nach Baumert & Kunter (2006), das für die vorliegende Studie herangezogen wird. Während die Wissensbereiche des Pädagogischen Wissens durch die Erziehungswissenschaften und berufspädagogischen Inhalte im Studium abgedeckt sind und das Fachwissen durch die genauen Vorgaben im Rahmenlehrplan der Friseure gut abgedeckt sind, ist im Bereich des Fachdidaktischen Wissens wenig vorzufinden. Eine spezielle Fachdidaktik Körperpflege ist bisher nicht existent. In den Ländergemeinsamen Anforderungen für die Fachdidaktiken in der Lehrerbildung werden für das Fach Körperpflege vier noch recht allgemein gehaltene Anforderungen formuliert (KMK 2019). Diese werden aber nicht den Anforderungen an Lehrkräfte im Fach Körperpflege gerecht. Konkrete Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen, die Lehrkräfte in ihrer Ausbildung erwerben müssen, um einen qualitätsvollen Unterricht in Friseurklassen zu gestalten sind damit noch nicht gegeben.

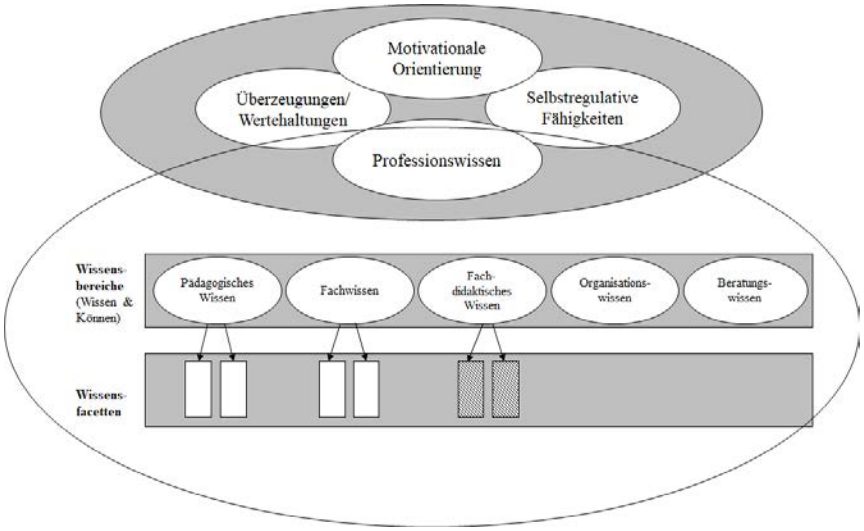


Abb. 1: Verortung der Studie im Modell der professionellen Handlungskompetenz (schraffierter Bereich) - Professionswissen (Baumert und Kunter 2006, S. 482).

Im Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) lässt sich dieses Desiderat im Bereich des Professionswissens, in den Wissensfacetten des Fachdidaktischen Wissens verorten (s. Abb. 1, grau schraffierter Bereich).
Um diese Anforderungen zu identifizieren und überprüfbar zu machen, müssen zunächst Aspekte identifiziert werden, die eine Fachdidaktik Körperpflege im Bereich der Friseure ausmachen. Dann können daraus Standards für die Lehrerausbildung abgeleitet werden. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: Welche Aspekte einer Körperpflege-Didaktik können identifiziert und systematisch erfasst werden?
FF2: Welche Standards für die Lehrerbildung können aus den erhobenen Aspekten abgeleitet werden?

Methode & Ergebnisse:
Im Rahmen der Studie wurden acht leitfadengestützte Fokusgruppeninterviews mit Lehrkräften, Fachleiter*innen und Referendar*innen *(N=29)* geführt. Die Interviews wurden geglättet transkribiert und nach der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz 2018).
Durch diese Auswertung konnten folgende sieben Kategorien induktiv abgeleitet werden, die Aspekte einer Körperpflege-Didaktik beschreiben (Interrater-Reliabilität: K = 0,82):

1) Vermittlungsstrategien: Einsatz von Instruktionsstrategien, Methoden, Illustrationen & Analogien, sowie Modellen in Friseurklassen
2) Zusammensetzung der Schülerschaft: Ausprägung von Heterogenität in Friseurklassen; Lernvoraussetzungen der Schüler*innen im Hinblick auf Vorwissen, sprachliche Fähigkeiten, körperliche/geistige Erschöpfung durch Arbeit im Salon; Lernbedürfnisse der Schüler*innen
3) Curriculum & Lernziele des Faches: Herausforderungen im Unterrichten in Lernfeldern, Handlungskompetenz in Friseurklassen fördern, Dienstleister ausbilden, auf die Gesellenprüfung vorbereiten.
4) *Entwicklung von Lernprozessen & Diagnostik:* Entwicklung und Entwicklungsbedingungen von Lernprozessen in Friseurklassen wahrnehmen, reflektieren und im Unterricht angemessen darauf reagieren; Lernzuwachs steuern
5) *Unterrichtsorganisation:* Oberflächenstrukturen im Unterricht in Friseurklassen steuern und angemessen einsetzen; limitierende strukturelle Gegebenheiten des Lernorts Schule (Bsp.: einzelne Berufsschultage, Länge von Schulstunden)
6) *Ausbildung von Lehrkräften:* hilfreiche und weniger hilfreiche Aspekte in den drei Phasen der Lehrerausbildung, Strukturen von Schule, die Ausbildung von Lehrkräften beeinflussen
7) *Fachdidaktische Forschung:* Aspekte fachdidaktischer Forschung (auch aus den Bezugsdisziplinen) werden als relevant eingeschätzt und genutzt; geäußerter Forschungsbedarf

Im Anschluss an die qualitative Inhaltsanalyse wurden die Ergebnisse in Aussagen zu Spezifika einer Fachdidaktik Körperpflege zusammengefasst und in einen Online-Fragebogen überführt. Der Online-Fragebogen enthält 46 Items zum Grad der Zustimmung, die auf einer vierstufigen Likert-Skala abgefragt wird (1: stimme zu – 4: stimme nicht zu).
Der Fragebogen wurde von *N=34* Teilnehmern ausgefüllt. Die Auswertung erfolgt zunächst auf Itemebene. Antworten mit den Werten „1“ und „2“ wurden als Zustimmung interpretiert; aus der entsprechenden Aussage wurde ein Standard abgeleitet. Dieses Vorgehen wird nun an einem Beispiel vorgestellt:

Aussagen aus der Kategorie Vermittlungsstrategien:
„Atommodell oder sowas. Dass das nur Annährungen an die Wirklichkeit sind und sowas. Für uns ist das Wirklichkeit.“; „Also Wasserstoffbrückenbindungen, oder Schwefelbrücken […]. "Da haben wir das eine Schwefelteilchen, da haben wir das andere." Also schon gar nicht von Atomen sprechen." //Zustimmung//.“
Item in Online-Fragebogen:
Naturwissenschaftliche Inhalte werden von Friseurschüler*innen vorwiegend auf Phänomenebene verstanden. (MW: 1,76 SD: 0,554)
Daraus abgeleiteter Standard:
Lehrkräfte können relevante Naturwissenschaftliche Inhalte fachlich korrekt auf Phänomenebene darstellen.

Versucht man die abgeleiteten Standards an die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen der Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung im Fach Körperpflege anzubinden, können zu einem Aspekt der Fachdidaktik Körperpflege der KMK meist mehrere erhobene Standards zugeordnet werden (KMK 2019). Dies wird an einem Aspekt der Fachdidaktik Körperpflege der KMK und ausgewählten erhobenen Standards dargestellt.

Aspekt der Fachdidaktik Körperpflege (KMK 2019):

Absolvent*innen der ersten universitären Phase im Fach Körperpflege können eine „fachrichtungsspezifische Umsetzung von Lernfeldkonzept, Handlungsorientierung, Kompetenzorientierung, curricularen Vorgaben, Teamarbeit und Fachsprache“ gewährleisten.

Im Rahmen der Studie abgeleitete Standards aus der Kategorie Vermittlungsstrategien:

Lehrkräfte können…

…Fachsprache durch Anbindung an den Berufsalltag der Schüler*innen didaktisch aufbereiten.
…Naturwissenschaftliche Inhalte an die spezifische Situation im Friseursalon anbinden.
…Lernfelder durch berufsspezifische und alltagsnahe Lernsituationen konkretisieren.

Die in der Studie gewonnen Standards konkretisieren in weiten Bereichen die Aspekte der Fachdidaktik Körperpflege der KMK (2019). Zum Teil werden auch gänzlich neue Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege gewonnen. In besonderem Maße werden dabei die Vermittlung von fachlichen Inhalten in den Blick genommen, sowie die Besonderheit der Schülerschaft Friseur*in.
Die Befragung von Lehrkräften, die Evaluation der Ergebnisse der Qualitativen Inhaltsanalyse und die darauffolgende Ableitung von Standards haben zu einem substanziellen Zugewinn an fachdidaktischen Aspekten und überprüfbaren Standards geführt.
Offen bleibt die Frage, ob Lehrkräfte, die die so gewonnenen Standards erfüllen auch tatsächlichen qualitätsvolleren Unterricht leisten und besser ausgebildete Schüler*innen aus der Ausbildung entlassen.

Literatur

Baumert, J.; Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9,469–520

KMK (2019): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf, zuletzt geprüft am 19.06.2019

Kuckartz, U. (2018): *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Aufl. Weinheim und Basel: Beltz Juventa

Kunter, M.; Ewald, S. (2016): Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In: Nele McElvany, Wilfried Bos, Heinz Günter Holtappels, Miriam M. Gebauer und Franziska Schwabe (Hg.): Bedingungen und Effekte guten Unterrichts, S. 9-32. Münster: Waxmann Verlag GmbH

Ministerium für Schule und Bildung (MSB) NRW (2019): Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht 2018/2019. Online verfügbar unter https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Service/Schulstatistik/Amtliche-Schuldaten/Quantita_2018.pdf, zuletzt aktualisiert am 03.05.2019, zuletzt geprüft am 30.09.2019

Pahl, J.-P. (2014): Berufsbildende Schule. Bestandsaufnahme und Perspektiven. 2. Aufl. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag

Shulman, L. S. (1986): Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In: *Educational Researcher* 15 (2), 4–14

Shulman, L. S. (1987): Knowledge and Teaching: Foundations of the New reform. In: *Harvard Educational Review* 57 (1), 1–22

Jenny Lorentzen[1] [1]IPN Kiel
Mathias Ropohl[2] [2]Universität Duisburg-Essen
Mirjam Steffensky[1] [3]Universität Kiel
Gernot Friedrichs[3]

Vernetzung von universitärem und schulischem Fachwissen Evaluation einer Interventionsstudie im Lehramtsstudium Chemie

Zielsetzung & Theoretischer Hintergrund

Das Lehramtsstudium für das Lehramt an Gymnasien weist in Deutschland gemessen an den Leistungspunkten einen hohen fachwissenschaftlichen Anteil auf, während die fachdidaktischen und pädagogischen Anteile vergleichsweise gering ausfallen (vgl. z.B. Bauer, Diercks, Möller, Roesler und Prenzel, 2012). Besonders zu Beginn ist die universitäre Phase von einem stark fachwissenschaftlichen Fokus geprägt (Bauer et al., 2012), wie er sich auch in Modellen zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften widerspiegelt (vgl. u.a. Baumert & Kunter, 2006; Shulman, 1986). Bislang gibt es keinen Konsens, in welcher Breite und Tiefe Lehrkräfte Fachwissen erwerben müssen, um erfolgreich unterrichten zu können. In der Regel wird aber angenommen, dass sie Fachwissen benötigen, das über die zu unterrichtenden Inhalte hinausgeht (Baumert & Kunter, 2006). Dabei wurde bisher vor allem die Unterscheidung zwischen universitärem und schulischem Wissen getroffen (z.B. Deng, 2007, 2012). Universitäres Fachwissen lässt sich vereinfacht beschreiben als das Wissen, das in der jeweiligen akademischen Disziplin gelehrt wird und vom Schulcurriculum losgelöst ist (Blömeke et al., 2008; Krauss et al., 2008). Es umfasst das Wissen fachbezogener Konzepte, Inhalte und Themen auf universitärem Niveau. Demgegenüber steht das schulische Fachwissen: das in der Schule zu unterrichtende Fachwissen. Die Inhalte ergeben sich primär aus den Lehrplänen, die sich wiederum an den zentralen Konzepten des Faches orientieren. Die beiden Wissensbereiche sind nicht immer trennscharf zueinander und weisen teilweise enge Bezüge auf. Hinzu kommt, dass viele fachwissenschaftliche Veranstaltungen in der universitären Phase der Lehramtsbildung polyvalent angeboten werden. Dies kann dazu führen, dass Niveau und Auswahl der Inhalte nicht passend für das Fachwissen von angehenden Lehrkräften sind oder dies zumindest so empfunden wird (vgl. Lersch, 2006). Ferner kann bei einer stark ausgeprägten Diskrepanz zwischen universitären und schulischen Fachinhalten die Problematik auftreten, dass Lehramtsstudierende die Berufsrelevanz bestimmter Fachinhalte nicht wahrnehmen (z.B. Wu, 2011). Dies mündet unter Umständen in einer geringen Studienmotivation.

Im gymnasialen Lehramtsstudium Chemie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) gibt es bisher kaum systematische Ansätze, universitär erworbenes Fachwissen mit dem zu unterrichtendem Wissen zu vernetzen. Es fehlt an einer gezielten Auseinandersetzung der Studierenden mit den fachlichen Inhalten des Studiums im Hinblick auf die Tätigkeiten einer Lehrkraft. Daher sollen angehende Chemielehrkräfte im Rahmen des Teilprojekts Chemie der Präsidiumsinitiative *Lehramt in Bewegung* (CAU-LiB) schon während des Lernens fachlicher Studieninhalte durch ein modulbegleitendes Lernangebot unterstützt werden, in dem die Bedeutung des universitären Fachwissens für die späteren beruflichen Anforderungen herausgestellt und die Vernetzung zwischen dem universitären und schulischen Fachwissen transparent gestaltet wird.

Forschungsfragen

Dabei sollen unter anderem folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Welche Wirkung hat ein Lernangebot im Bereich Physikalische Chemie zur Vernetzung des universitären und schulischen Fachwissens für Lehramtsstudierende der Chemie auf die Einschätzung der Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte?
- Welche Wirkung hat ein Lernangebot im Bereich Physikalische Chemie zur Vernetzung des universitären und schulischen Fachwissens für Lehramtsstudierende der Chemie auf die Verknüpfung von universitären und schulischen Inhalten?

Studien- und Testdesign

Zur Vernetzung des universitären und schulischen Fachwissens wurde ein Lernangebot entwickelt, das in eine fachliche Lehrveranstaltung zur Physikalischen Chemie für Lehramtsstudierende der Chemie integriert wurde. In drei 90-minütigen Sitzungen wurden die Studierenden während des Lernens von fachlichen Studieninhalten unterstützt, indem die Verbindungen des universitären und schulischen Fachwissens transparent und explizit gemacht wurden. Zur Evaluation des Lernangebots wurde dieses in einem Interventionsstudiendesign mit einer randomisierten Stichprobe aus $N = 55$ Lehramtsstudierenden der Chemie in einem Prä-Post-Design mit Kontrollgruppe umgesetzt ($n_{\text{Interventionsgruppe}} = 23$, $n_{\text{Kontrollgruppe}} = 32$) und sowohl hinsichtlich seiner Effekte auf die wahrgenommene Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte als auch auf den Aufbau von Verknüpfungen von universitären und schulischen Inhalten untersucht.

Die Intervention ist in der zweiten Semesterhälfte in das Modul Physikalische Chemie (PC) I integriert und setzt sich aus drei Präsenzseminarsitzungen zusammen. Die drei 90-minütigen Seminartermine stehen jeweils unter einem bereits in der Vorlesung zur PC I behandelten Inhaltsbereich. Als fachliche Themen dienen dabei *Aggregatzustände und deren Übergänge*, die *Energetik chemischer Reaktionen* und *Entropie*. Anhand von diesen fachlichen Inhalten sollen die Studierenden dann beispielsweise Erklärungen auf unterschiedlichen Abstraktionsgraden verfassen oder fachliche Zugänge und Repräsentationen aus der Perspektive einer Lehrkraft bewerten (s. Abb. 1).

Aggregatzustände	**Energetik chemischer Reaktionen**	**Entropie**
- fachwissenschaftliche Analyse von alltäglichen Phänomenen - Bewertung von Experimenten für spezifische Schülervorstellungen	- Bewertung von graphischen Repräsentationen - Einsatz, Anpassung und Auswertung von Experimenten	- Bewertung von zwei unterschiedlichen fachlichen Zugängen zur Entropie

Abb. 1 Inhalte der drei Sitzungen des Lernangebots für die Physikalische Chemie

Die Erhebung der wahrgenommenen Berufsrelevanz der Veranstaltung insgesamt erfolgte mittels drei Items auf einer vierstufigen Ratingskala (von 1 *stimme gar nicht zu* bis 4 *stimme voll zu*; Beispielitem: *Die Themen der Lehrveranstaltung Physikalische Chemie I (Chemische Thermodynamik) halte ich für einen wesentlichen Teil meiner beruflichen Qualifikation als Chemielehrer/in.*). Die wahrgenommene Berufsrelevanz spezifischer Fachinhalte wurde mithilfe von sechs Skalen auf einer ebenfalls vierstufigen Ratingskala erhoben, in der die Teilnehmenden ihr subjektives Empfinden zur beruflichen Relevanz konkreter Fachinhalte der Physikalischen Chemie im Kontext Chemische Thermodynamik einschätzten. Die Themen orientierten sich dabei an den in der Veranstaltung Physikalische Chemie I

behandelten Fachinhalten und bestanden jeweils aus drei bis sieben Items. (Beispielitem: *Für meinen späteren Beruf als Chemielehrer/in an einem Gymnasium halte ich die thermodynamische Definition der Entropie für nicht relevant/ wenig relevant/ eher relevant/ relevant*).
Um zu überprüfen, inwieweit die Teilnehmenden vor und nach dem Lernangebot in der Lage sind Verbindungen zwischen den universitären und schulischen Fachinhalten zu ziehen, wurden Zuordnungsaufgaben eingesetzt. Sie umfassten die Zuordnung von zehn universitären Fachinhalten zu konkreten Themen des schleswig-holsteinischen Lehrplans für das Fach Chemie.

Ergebnisse & Diskussion
Für die wahrgenommene Berufsrelevanz – insgesamt und mit Blick auf die einzelnen Inhalte – für die Interventions- bzw. Kontrollgruppe von MZP 1 zu MZP 2 zeigt sich nach der Intervention für die Interventionsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe eine Erhöhung der wahrgenommenen Relevanz. Das gleiche Bild zeigt sich auch für die wahrgenommene Relevanz der einzelnen Fachinhalte. Diese steigt in der Interventionsgruppe an, während sie in der Kontrollgruppe gleich bleibt bzw. teilweise sogar sinkt. Regressionsanalysen, in denen die Zugehörigkeit zur Gruppe als Dummy-Variable aufgenommen wurde, zeigen, dass die Teilnahme an der Intervention die wahrgenommene Relevanz der gesamten Lehrveranstaltung zu MZP 2 unter Kontrolle der Relevanzwahrnehmung zu MZP 1 (β = ,29; p = ,012) signifikant voraussagt (β = ,45; p < ,001). Auch im Hinblick auf die einzelnen Fachinhalte zeigen Regressionsanalysen, dass die Interventionsteilnahme die wahrgenommene Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte signifikant voraussagt. Dies gilt im besonderen Maße für die behandelten Themen der Intervention (*Aggregatzustände und deren Übergänge* β = ,33; p < ,01; *Energetik chemischer Reaktionen* β = ,54; p < ,001; *Entropie* β = ,50; p < ,001).
Die Analysen der Zuordnungsaufgabe ergeben, dass die Interventionsteilnehmer nach der Intervention zunächst von der reinen Anzahl her mehr Verbindungen zwischen den universitären und schulischen Fachinhalten sehen und sich aber auch die Anzahl an richtigen Verbindungen erhöht. Regressionsanalysen zeigen dabei einen signifikanten Einfluss der Interventionszugehörigkeit für die Anzahl richtiger Verbindungen (β = ,20; p < ,05) und einen schwach nicht signifikanten Einfluss der Interventionszugehörigkeit für die reine Anzahl an Verbindungen (β = ,19; p = ,07).

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass ein solches Lernangebot zur Vernetzung von universitärem und schulischem Fachwissen trotz der kurzen Interventionszeit sowohl positive Effekte auf die wahrgenommene Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte als auch auf den Aufbau von Verknüpfungen zwischen universitären und schulischen Fachinhalten hat. Da die Intervention allerdings nur mit einer kleinen Stichprobe durchgeführt werden konnte und etwaige Störvariablen aufgrund der Untersuchung im Feld nicht ausgeschlossen werden können, sind weitere Untersuchungen, wie die Übertragung des Konzepts auf andere Fachinhalte und an andere Universitätsstandorte, sinnvoll.

Literatur

Bauer, J., Diercks, U., Möller, J., Roesler, L. & Prenzel, M. (2012). Lehramtsstudium in Deutschland: Wie groß ist die strukturelle Vielfalt? *Unterrichtswissenschaft*, 40(2), 101–120.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.

Blömeke, S., Kaiser, G., Schwarz, B., Seeber, S., Lehmann, R., Felbrich, A. & Müller, C. (2008). Fachbezogenes Wissen am Ende der Ausbildung. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 89–104). Münster: Waxmann.

Deng, Z. (2007). Knowing the subject matter of a secondary-school science subject. *Journal of Curriculum Studies*, 39(5), 503–535.

Deng, Z. (2012). School subjects and academic disciplines: The differences. In A. Luke, K. Weir, A. Woods, & M. Moroney (Hrsg.), *Curriculum, syllabus design and equity: A primer and model* (S. 40–53). New York: Routledge.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725.

Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. In C. Allemann-Ghionda (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Ausbildung und Beruf* (Beiheft 51, S. 164–181). Weinheim: Beltz.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.

Wu, H. (2011). The mis-education of mathematics teachers. *Notices of the AMS*, 58(3), 372–384.

Silvija Markic[1]
Lilith Rüschenpöhler[1]
Marlon Schneider[2]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
[2]Universität Bremen

Chemie als „kulturfreie Zone“? Die Perspektive der Lehrpersonen

Theoretischer Hintergrund

Schulen sind Räume, in welchen Schülerinnen und Schüler aus unterschiedlichen Kulturkreisen aufeinandertreffen. Das Ziel der folgenden Studie ist es, die Rolle der Kultur im Lernen und Lehren der Chemie in der Sekundarstufe besser zu verstehen. Der zentrale Begriff der Kultur wird in der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur zumeist aus strukturalistischer Perspektive definiert (Carlone & Johnson, 2012; Seiler, 2013). Aus dieser Sicht erscheint Kultur als fest existierende Einheit. Es wird eine Pluralität der Kulturen im Sinne eines Multikulturalismus‘ angenommen. Kulturen sind aus dieser Perspektive koexistierte Entitäten (Seiler, 2013; Sewell, 1999). Dies drückt sich im Gebrauch von Metaphern aus, wie z. B. von ‚kulturellen Grenzen‘ oder ‚Konflikten‘ (z. B. Aikenhead, 2001; Costa, 1995). Der Lehrperson wird die Rolle eines “culture broker“ zugeschrieben, dessen Aufgabe es ist, eine Brücke zu schaffen zwischen der Kultur der Naturwissenschaften und den Kulturen, in denen die Schülerinnen und Schüler zu Hause leben (Aikenhead & Otsuji, 2000). Diese strukturalistische Perspektive bietet wertvolle Einsichten, indem sie den Blick auf die Transitionen der Schülerinnen und Schüler von ihren Kulturen zu Hause in die Kultur der Naturwissenschaften lenkt. Sie tendiert jedoch dazu, den Schülerinnen und Schülern Defizite zuzuschreiben und unterschätzt die Bedeutung der aktiven Rolle aller Beteiligten in der Produktion und Reproduktion von Kultur. Weiterhin tendiert der strukturalistische Blick dazu, Differenzen der Kultur zuzuschreiben anstatt real existierende, institutionalisierte Diskriminierungen zu thematieren (Carlone & Johnson, 2012; Norman, Ault, Bentz, & Meskimen, 2001; Seiler, 2013).

Im poststrukturalistischen Konzept wird Kultur als im Diskurs konstruierbar und re-konstruierbar betrachtet (Bhabha, 1994). Der Fokus liegt dabei auf der Produktion von Kultur und Identifikationsprozessen, was im Kontrast zum strukturalistischen Konzept der kulturellen Diversität steht. Kultur ist dabei ein kreativer Prozess ohne festes Ziel, in welchem Hybridkonstuktionen entstehen können (Seiler, 2013). In der Naturwissenschaftsdidaktik wurden solche Prozesse der Konstruktion einer Hybridkultur von Elmesky (2011) und Elmesky und Seiler (2007) in Studien mit Schülerinnen und Schülern aus Minderheiten dokumentiert. Jedoch geht das Konzept einer Hybridkultur nach Bhabha einen Schritt weiter als die Idee vom Transfer nach Seiler. Hybridkulturen im Sinne von Bhabha können einen „third space“ bilden; einen Raum, innerhalb dessen kulturelle Innovation mit einer neuen Dynamik möglich wird. In diesem Kontext sind die Lehrpersonen nicht „culture broker“, sondern gestalten einen Prozess der gemeinsamen Produktion und Reproduktion einer Kultur in ihrem Unterricht. Kulturelle Konflikte sind dabei Gelegenheiten für “innovative production of new cultural forms” (Seiler, 2013, S. 112). In dieser Perspektive auf Kultur rücken die Produktions- und Identifikationsprozesse in den Fokus. Es wird angenommen, dass Identifikationsprozesse und die Bildung hybrider Kulturen eine wichtige Rolle im Chemieunterricht spielen.

Forschungsfragen

Ausgehend von diesen beiden Konzeptionen von Kultur, untersuchten wir die Perspektiven von Lehrpersonen auf die Rolle der Kultur beim Lernen und Lehre der Chemie. Die folgenden zwei Fragen dienten als Leitlinien:

(i). Welchen Einfluss haben die Kultur und die kulturelle Diversität auf das Lernen und Lehren der Chemie aus der Sicht der Lehrpersonen?
(ii). Wie gehen die Lehrpersonen der Chemie mit Kultur und kultureller Diversität in ihrem Unterricht um?

Methode

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden sieben Lehrpersonen der Chemie aus Bremen und Umgebung interviewt. Durchschnittlich unterrichten die Lehrpersonen 10 Stunden Chemie pro Woche. Zwei Lehrpersonen hatten mehr als 15 Jahre Lehrerfahrung; zwei Lehrpersonen unterrichteten seit 10-15 Jahren und zwei weitere seit 5-10 Jahren. Eine Lehrperson hatte weniger als 5 Jahre Lehrerfahrung. Laut Einschätzung der Lehrpersonen beträgt der Anteil an Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund an ihren Schulen 30%-90%.

Der Interviewleitfaden wurde pilotiert und anschließend leicht angepasst. Die Daten wurden in einer zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) analysiert. Die Aussagen der Lehrpersonen wurden in drei Schritten paraphrasiert und mit den Originaldaten verglichen, mit dem Ziel, die Aussagen der Lehrpersonen zu konzeptualisieren. Die Kategorien wurden sowohl in induktiven als auch deduktiven Prozessen gebildet und die Daten von zwei Personen unabhängig voneinander ausgewertet. Die Auswertungen wurden verglichen und in den wenigen Fällen der nicht vorhandenen Übereinstimmung wurde diese nach Swanborn (1996) argumentativ ausgehandelt.

Ergebnisse

Konzept der Kultur. Alle Lehrerinnen und Lehrer in dieser Studie beschreiben strukturalistische Elemente von Kultur. Dabei assoziieren sie Kultur mit Werten, Verhaltensweise und Vorstellungen, die eine Gruppe von Menschen kennzeichnen. Daneben werden jedoch auch Identifikationsprozesse von einigen Lehrpersonen thematisiert und das Konzept eines Nationalstaats kritisiert. Dies lässt Ansätze eines poststrukturalistischen Kulturbegriffs bei den Lehrpersonen vermuten. Allerdings zeigen einige Lehrpersonen auch Stereotypen über Gender und kulturelle Gruppen im Chemieunterricht. Zwei Lehrpersonen hinterfragen dies jedoch: Sie lehnen es ab, Eigenschaften ihrer Schülerinnen und Schüler ihrer Kultur zuzuordnen. Vielmehr interpretieren sie diese als individuelle Merkmale. Dies kann als ein Zeichen einer poststrukturalistischen Sicht der Kultur gedeutet werden.

Blick auf die kulturelle Diversität in der Schule. Sechs der sieben Lehrpersonen sind optimistisch bezüglich des Umgangs mit Diversität in Schulen. Sie beschreiben kulturelle Diversität in Schulen als bereichernd, friedlich und belebend. Die Schülerinnen und Schüler erscheinen einigen Lehrpersonen in ständiger Diskussion über ihre Erfahrungen mit kultureller Diversität. Jedoch beschreiben die Lehrpersonen auch negative Erfahrungen mit Diversität. Insbesondere die Kommunikation mit den Eltern ist eine Herausforderung; die größte Hürde sind die mangelnden Deutschkenntnisse sowie unterschiedliche Vorstellungen von Gender-Rollen. In Elterngesprächen berichteten fünf der Lehrpersonen, dass die Schülerinnen und Schüler häufig die Übersetzung übernehmen, was zu Problemen führen kann. Sie verweisen somit auf die unzureichende institutionelle Unterstützung, die den Umgang mit verschiedenen Kulturen in der Schule erschwert.

Persönliche Wertung der kulturellen Diversität. Sechs Lehrpersonen fassen die Arbeit in einem kulturell diversen Kontext als persönlichen Vorteil auf. Sie beschreiben, wie sie einen Einblick in die anderen Kulturen bekommen, andere Lebenskonzepte und Sprachen kennenlernen. Daneben stehen jedoch auch Herausforderungen, wie z. B. Konflikten der Schülerinnen und Schüler aufgrund politischer Unterschiede oder aufgrund unterschiedlicher Gender-Konzepte. Einige Lehrpersonen betonten, dass individuelle Merkmale und die Kultur einer Person oft nicht zu trennen sind.

Umgang mit kultureller Diversität im Chemieunterricht. Im Gegensatz zur hohen kulturellen Sensibilität der Lehrpersonen steht ihre Auffassung der Rolle von Kultur im Chemieunterricht: Chemieunterricht erscheint als kulturfreie Zone. Dies deutet auf einen strukturalistischen Blick auf die Kultur im Chemieunterricht hin, jedoch lehnt die Probandengruppe die Rolle der Lehrperson als „culture broker" oder jemand, der die Kultur ko-konstruiert, ab. Unterschiede in der Schülerschaft werden der Individualität der Person zugeschreiben und im weiteren kulturellen Kontext interpretiert. Allerdings trägt das Konzept von Chemie als kulturfreie Zone nicht vollständig. Einige der Lehrpersonen scheinen zu spüren, dass die Kultur im Chemieunterricht eine Rolle spielen muss. Sie drücken ihre Unsicherheit diesbezüglich aus, viele sind sich ungewiss über die Rolle der Kultur im Chemieunterricht. Die Lehrpersonen beschreiben einige problematische Situationen wie die Arbeit mit Gelatine oder Ethanol, oder die Verschleierung während der Arbeit mit dem Bunsenbrenner. Die Strategie der Lehrpersonen scheint zu sein, schwierige Situationen und interkulturelle Konflikte zu meiden. Dies ist jedoch schwierig, da das Wissen, was genau schwierige Situationen sind, begrenzt ist.
Beispiele eines kultursensiblen Chemieunterrichts. Die Lehrpersonen nannten Unterrichtsmethoden aus der allgemeinen Pädagogik, die einen Fokus auf Kultursensibilität haben. Chemiespezifische Materialien und Methoden erschienen jedoch unbekannt. Drei von sieben Lehrpersonen in dieser Studie können sich nicht vorstellen, dass dies ein Thema im Chemieunterricht sein kann. Die anderen Lehrpersonen versuchten im Interview Situationen aus dem Unterricht zu entwickeln, wie Chemieunterricht kultursensibler gestaltet werden kann. Diese Ideen, schienen jedoch noch nicht entwickelt.

Diskussion

Die Studie zeigt Herausforderungen auf, denen die Chemie-Lehrpersonen in dieser Studie begegnen. Aus den Interviews wird deutlich, dass einige Lehrpersonen ein sehr differenziertes Konzept von Kultur haben, in dem sie strukturalistische und poststrukturalistische Anteile vereinen. Weiterhin scheinen die Lehrpersonen dieser Studie die kulturelle Diversität in ihren Schulen stark wertzuschätzen. Der Chemieunterricht wird jedoch als eine kulturfreie Zone betrachtet. Diese Diskrepanz zwischen Kultursensibilität und Ablehnung kultureller Einflüsse auf den Chemieunterricht verursacht eine Spannung. Eine Strategie mit dieser Spannung umzugehen ist, individuelle Merkmale zu fokussieren und Verhalten ausschließlich mit diesen individuellen Merkmalen zu erklären. Für den Raum des Chemieunterrichts lehnen sie die Ebene der Kultur ab. Aspekte, die in historisch-kulturelle Prägungen eingebettet sind, z. B. Gender-Konzepte, werden individuellen Merkmalen zugeschrieben. Dies kann jedoch zu einem Missverständnis des Verhaltens der Schülerinnen und Schüler führen. Einige der Lehrpersonen der Studie zweifeln aus verschiedenen Gründen über die Wichtigkeit des Umgangs mit der kulturellen Diversität im Chemieunterricht. Eines davon ist sicherlich die geringe Aufmerksamkeit, die kultursensiblem Lernen und Lehren und interkultureller Kompetenz in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung geschenkt wird. Zwar sind einige wenige Unterrichtsmaterialen vorhanden, jedoch fehlt das Thema in den gängigen Schulbüchern der Chemie, welche für viele Lehrpersonen eine wichtige Referenz darstellen. Somit unterstreicht die Studie die Wichtigkeit und den Bedarf in der Forschung über kultursensiblen Chemieunterricht. Ein klares Konzept der Rolle der Lehrperson bezüglich der kulturellen Diversität im Unterricht gilt es zu definieren.

Literatur

Aikenhead, G. S. (2001). Students' ease in crossing cultural borders into school science. Science Education, 85(2), 180-188. https://doi.org/10.1002/1098-237X(200103)85:2<180::AID-SCE50>3.0.CO;2-1

Aikenhead, G. S., & Otsuji, H. (2000). Japanese and Canadian science teachers' views on science and culture. Journal of Science Teacher Education, 11, 277-299. https://doi.org/10.1023/A:1009421214226

Bhabha, H. K. (1994). The location of culture. London; New York: Routledge.

Carlone, H., & Johnson, A. (2012). Unpacking 'culture' in cultural studies of science education: Cultural difference versus cultural production. Ethnography and Education, 7(2), 151-173. https://doi.org/10.1080/17457823.2012.693691

Costa, V. B. (1995). When science is "another world": Relationships between worlds of family, friends, school, and science. Science Education, 79(3), 313-333. https://doi.org/10.1002/sce.3730790306

Elmesky, R. (2011). Rap as a roadway: Creating creolized forms of science in an era of cultural globalization. Cultural Studies of Science Education, 6(1), 49-76. https://doi.org/10.1007/s11422-009-9239-9

Elmesky, R., & Seiler, G. (2007). Movement expressiveness, solidarity and the (re)shaping of African American students' scientific identities. Cultural Studies of Science Education, 2(1), 73-103. https://doi.org/10.1007/s11422-007-9050-4

Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt.

Norman, O., Ault, C. R., Bentz, B., & Meskimen, L. (2001). The black-white 'achievement gap' as a perennial challenge of urban science education: A sociocultural and historical overview with implications for research and practice. Journal of Research in Science Teaching, 38(10), 1101-1114. https://doi.org/10.1002/tea.10004

Seiler, G. (2013). New metaphors about culture: Implications for research in science teacher preparation. Journal of Research in Science Teaching, 50(1), 104-121. https://doi.org/10.1002/tea.21067

Sewell, W. H. (1999). The concept(s) of culture. In V. E. Bonnell & L. Hunt (Eds.), Beyond the cultural turn: New directions in the study of society and culture. Berkeley: University of California Press, 35-61.

Swanborn, P. G (1996). A common base for quality control criteria in quantitative and qualitative research. Quality and Quantity, 30, 19-35.

Anja Lembens Universität Wien
Susanne Hammerschmid

Entwicklung und Anwendung einer Conceptual Coherence Map zur Analyse von Schulbüchern anhand des Themas ‚Säuren und Basen'

Das Lehren und Lernen von Chemie birgt besondere fachspezifische Herausforderungen. Um chemische Phänomene deuten und erklären zu können, die auf der makroskopischen Ebene des Johnstone-Dreiecks wahrgenommen werden, ist es notwendig, die Vorgänge auf der submikroskopischen Ebene der Teilchen zu verstehen. Zur Erklärung und Verdeutlichung dieser Vorgänge werden Repräsentationen verschiedenster Art verwendet: Symbole, Formeln, Modelle, Schemata, Fachtermini etc. Je klarer und konzeptuell kohärenter diese Repräsentationen eingesetzt werden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass chemische Konzepte in einer fachlich angemessenen Art und Weise verstanden und angewendet werden können. Einer von vielen Faktoren, die das konzeptuelle Lernen beeinflussen, sind Schulbücher. Sie werden von Lernenden in der Schule und zuhause verwendet. Lehrende nutzen Schulbücher für ihre Unterrichtsplanung, -vorbereitung und -durchführung. Bei der Auswahl dessen, was und wie sie unterrichten, vertrauen sie auf die fachliche Korrektheit und fachdidaktische Angemessenheit dieser Schulbücher. Daher ist es entscheidend, dass Schulbücher die naturwissenschaftlichen Inhalte korrekt und in einer für die Zielgruppe angemessenen Art und Weise präsentieren (vgl. Harsh et al., 2012; Lembens et al., 2019a, 2019b; Oelkers, 2010).

Fokus auf den Themenkomplex ‚Säuren und Basen'

Ein Themenkomplex, zu dem besonders viele unangemessene und veränderungsresistente Konzepte bei Lernenden wie auch Lehrenden dokumentiert sind, ist das Thema ‚Säuren und Basen' (vgl. Barke, 2015; Drechsler et al., 2008; Hoe et al., 2016; Jenkins, 2013; Lembens, 2017; Lembens et al., 2017; Lembens et al., 2018a, 2018b; Van Driel et al., 1999, 2002). Es ist ein zentrales Beispiel für chemische Reaktionen, die dem Donator-Akzeptor Konzept folgen. Dementsprechend sollten ‚Säuren und Basen' in Chemieschulbüchern für die Sekundarstufe I nach dem Konzept von Brønsted definiert werden. Dieses Konzept ist zudem anschlussfähig an das vielfach in der Sekundarstufe II verwendete Lewis Konzept. Des Weiteren ermöglicht der Themenkomplex vielfältige Querverbindungen zu Alltags-erfahrungen und -phänomenen. Aus diesen Gründen wurde der Themenkomplex ‚Säuren und Basen' als Fokus für die Schulbuchanalyse gewählt.

Conceptual Coherence Map (CCM) und Codierleitfaden

Inwiefern wird das Thema ‚Säuren und Basen' fachlich angemessen, konzeptuell kohärent und adressatengerecht in Österreichischen Schulbüchern für die Sek I dargestellt? So lautet unser Erkenntnisinteresse. Um dem nachzugehen, wurden zunächst Big Ideas (vgl. Loughran et al., 2006; Loughran et al., 2004) zum Thema ‚Säuren und Basen' formuliert und daraus eine Conceptual Coherence Map (CCM) (vgl. Roseman et al., 2010) entwickelt (zur genaueren Beschreibung des Entwicklungsprozesses siehe Lembens et al., 2019a, 2019b). Auf dieser Basis wurde ein Codierleitfaden mit sechs Haupt- und drei Subkategorien erstellt und validiert (siehe Tabelle). Als minimale Codiereinheit wurde ein Satz, als maximale Einheit drei Sätze, ein Kasten oder eine Abbildung inkl. Beschreibung festgelegt. Um als Einheit codiert zu werden, ist ein direkter Zusammenhang der Inhalte Voraussetzung. Der Codierleitfaden beschreibt die Kategorien und Subkategorien genau und grenzt sie voneinander ab. Ist eine Zuordnung zu einer (Sub-)Kategorie nicht eindeutig möglich, so sind die vorausgehenden oder nachfolgenden Textstellen im Kontext zu berücksichtigen. Wenn beispielsweise aus einer

Formulierung nicht hervorgeht, ob die Stoff- oder die Teilchenebene gemeint ist, kann keine eindeutige Zuordnung zu „CCM konform“ bzw. „Arrhenius“ erfolgen. Allerdings wird meist durch die Betrachtung der Textstellen in der Nähe deutlich, auf welcher Ebene jeweils argumentiert wird. Wird im Kontext durchgängig die Stoffebene angesprochen, wird eine nicht eindeutige Formulierung als „Arrhenius“ codiert, sofern alle anderen Kriterien dieser Kategorie erfüllt sind.

Hauptkategorien
- Definition Säure / Base
- Saure und basische Lösungen
- Protonenübertragungsreaktionen
- Stärke von Säuren / Basen
- Teilchen in Wasser
- Neutralisationsreaktion

Sub- und Subsubkategorien	
I	Conceptual Coherence Map konform (Brønsted)
II	Nicht Conceptual Coherence Map konform
	A. Arrhenius
	B. Vermische Konzepte
	C. Fachlich nicht angemessen
III	**D.** Nicht zuordenbar

In die Analyse wurden zwölf österreichische Chemieschulbücher für die Sekundarstufe I mit Erscheinungsdaten von 2011 bis 2017 einbezogen. In allen zwölf Bücher wurde das Kapitel zum Thema ‚Säuren und Basen‘ analysiert, wobei zunächst die Anzahl der jeweils codierten Fundstellen quantifiziert wurde. Aufgrund des sehr unterschiedlichen Seitenumfangs der Kapitel, können diese Zahlen nur erste Hinweise geben. Für vier ausgewählte Bücher wird derzeit zusätzlich eine umfassende charakterisierende Beschreibung der jeweiligen Kapitel erstellt. Die Kriterien für die Auswahl dieser Bücher waren: a) ein Buch, das in hohem Maße CCM-konform ist, b) ein Buch, das in hohem Maße vermischte Konzepte aufweist, c) ein Buch, das auf eine Definition von ‚Säuren und Basen‘ verzichtet und sich auf saure und basische Lösungen beschränkt, d) ein Buch, das als einziges die unterschiedlichen Konzepte von Boyle bis Brønsted thematisiert.

Ergebnisse im Überblick

Der Seitenumfang der ‚Säure-Base‘-Kapitel in den analysierten Büchern liegt zwischen drei und 16 Seiten. Gemittelt über alle Schulbücher und alle Hauptkategorien wurden 20% aller Codiereinheiten der Subkategorie ‚CCM-konform‘ zugeordnet. 65% aller Codiereinheiten wurden der Subkategorie ‚nicht CCM-konform‘ zugeordnet: in der Subsubkategorie ‚Arrhenius‘ finden sich 34%, in der Subsubkategorie ‚vermischte Konzepte‘ 8% und in der Subsubkategorie ‚fachlich nicht angemessen‘ 23%. 15% aller Codiereinheiten konnten nicht eindeutig zugeordnet werden. Keines der analysierten Schulbücher zeigt vollständige konzeptuelle Kohärenz über alle Kategorien hinweg. Darüber hinaus ist Folgendes hervorzuheben:

- Säure-Base-Reaktionen werden nur in zwei Büchern als Protenenübertragungsreaktionen im Sinne des Donator-Akzeptor-Konzepts angesprochen, wobei die Darstellung nur in einem Buch als fachlich angemessen codiert werden konnte.
- Die Stärke von Säuren und Basen wurde in keinem der Bücher CCM-konform dargestellt. In vielen Büchern wird in diesem Zusammenhang lediglich auf Säuren eingegangen; in anderen wird von starken Säuren oder Basen gesprochen, ohne dass diese Eigenschaft näher erklärt wird.
- Die Teilchen in Wasser werden in vier Büchern angemessen dargestellt, wobei in jedem dieser Bücher gleichzeitig fachlich nicht angemessene Darstellungen zu finden sind.

Betrachtet man beispielsweise die Kategorie ‚Definition Säure / Base‘, dann zeigt sich, dass nur in einem Schulbuch konsequent mit dem Brønsted-Konzept gearbeitet wird. Neun Schulbücher verwenden Definitionen, die dem Arrhenius-Konzept zugeordnet werden

können. Zusätzlich zeigen fünf dieser Bücher vermischte Konzepte und zwei enthalten fachlich nicht angemessene Darstellungen. Insgesamt finden sich in neun Schulbüchern nicht eindeutig zuordenbare Darstellungen. Eines der Schulbücher bietet den Lernenden gar keine Definition von ‚Säuren und Basen' an.

Wenn es um die konzeptuelle Kohärenz der Definition von ‚Säuren und Basen' in den Büchern geht, muss man differenzierter hinsehen. Eines der analysierten Bücher definiert ‚Säuren und Basen' im Sinne der Conceptual Coherence Map, also nach dem Brønsted-Konzept. Betrachtet man die übrigen elf Bücher, so ist festzustellen, dass in fünf Büchern ‚Säuren und Basen' konzeptuell kohärent nach dem Arrhenius-Konzept definiert werden. In fünf weiteren Büchern wird ebenfalls das Arrhenius-Konzept verwendet, jedoch nicht in konzeptuell kohärenter Art und Weise und in einem Buch gibt es gar keine Definition von ‚Säuren und Basen'.

Fazit

Insgesamt ergibt sich bei dieser Schulbuchanalyse ein sehr heterogenes Bild. Angefangen beim Umfang der untersuchten Kapitel über die verwendeten Konzepte, die konzeptuelle Kohärenz, die fachliche Angemessenheit bis zur Eindeutigkeit der Repräsentationen. Obwohl Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Forschung nahelegen, bei der Einführung in den Themenkomplex ‚Säuren und Basen' darauf zu verzichten, das Arrhenius-Konzepts einzuführen und gleich das Brønsted-Konzept zu verwenden, haben diese Erkenntnisse noch kaum Eingang in die Schulbücher gefunden. Da Lehrkräfte sich vielfach bei der Planung und Durchführung von Unterricht an Schulbüchern orientieren, ist es kaum verwunderlich, dass Studierende des Unterrichtsfaches Chemie mit wenig belastbaren Konzepten zum Themenkomplex ‚Säuren und Basen' in die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen kommen und es ihnen außerordentlich schwerfällt, sich fachlich angemessen und konzeptuell kohärent innerhalb des Themas ‚Säuren und Basen' auszudrücken (vgl. Lembens, 2017; Lembens et al., 2017; Lembens et al., 2018a, 2018b). Das alte und für ein Studium der Chemie unzureichende Arrhenius-Konzept kann nicht einfach zum tragfähigeren und erklärungsmächtigeren Brønsted-Konzept weiterentwickelt werden. Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Studierenden in fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen an der Universität kaum Gelegenheit erhalten, ihre mitgebrachten Vorstellungen zu reflektieren (vgl. Barke et al., 2018). Ein schrittweiser Konzeptwandel reicht also nicht aus, um zu einem fachlich angemessenen Verstehen zu kommen, vielmehr ist ein mühevoller Konzeptwechsel notwendig. Dieser Konzeptwechsel wird von den angehenden Lehrkräften in vielen Fällen nicht vollständig vollzogen, was dazu führt, dass im Unterricht inkonsistente Erklärungen geliefert werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass Schüler*innen nicht zum nachvollziehenden und verstehenden Lernen, sondern zum Auswendiglernen von – für sie nicht nachvollziehbaren – Merksätzen verleitet werden.

Ausblick

Die hier kurz vorgestellte Schulbuchanalyse zum Thema ‚Säuren und Basen' ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsprojektes „‚Säuren und Basen' – Stolpersteine für Schüler*innen, Studierende und Lehrende", das darauf zielt, rund um den Themenkomplex ‚Säuren und Basen' ein sinnvolles Kontinuum von der Elementar- über die Primar- bis zur Sekundarstufenbildung zu entwickeln und zu implementieren. In mehreren aufeinander bezogenen Teilschritten soll eine evidenzbasierte Grundlage für die Entwicklung und Implementierung geeigneter Inhalte, Methoden, Materialien und Fortbildungen entstehen. Die auf der Basis von Forschungserkenntnissen zu entwickelnden Lerngelegenheiten sollen dazu beitragen, Lernenden ein in sich konsistentes und anschlussfähiges Konzept im ‚Säure-Base'-Kontext mit auf den Weg zu geben und damit einen Beitrag zum Aufbau einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung zu leisten.

Literatur

Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! Chemie & Schule, 30(1).

Barke, H.-D. & Büchter, J. (2018). Der Laborjargon bei Lehrenden und fehlvorstellungen bei Studierenden. Chemie & Schule, 33(3), 12-15.

Drechsler, M. & Van Driel, J. (2008). Experienced Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid–base Chemistry. Research in Science Education, 38(5), 611-631. doi:10.1007/s11165-007-9066-5

Harsh, J. A., Maltese, A. V. & Tai, R. H. (2012). A Perspective of Gender Differences in Chemistry and Physics Undergraduate Research Experiences. Journal of Chemical Education.

Hoe, K. Y. & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid–base chemistry among secondary students: insights from cognitive and confidence measures. Chemistry Education Research and Practice, 17(2), 263-282. doi:10.1039/C5RP00146C

Jenkins, E. W. (2013). The "nature of science" in the school curriculum: the great survivor. Journal of Curriculum Studies, 1-20.

Lembens, A. (2017). "Säuren und Basen" - Sprache und Konzeptwechsel als Herausforderung für den Chemieunterricht. Chemie & Schule, 32(4), 28-29.

Lembens, A. & Becker, R. (2017). "Säuren und Basen" – Stolpersteine für SchülerInnen, Studierende und Lehrende. Chemie & Schule, 32(1), 12-15.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019a). Conceptual Coherence Maps als Instrument zur Analyse von Schulbüchern. Paper presented at the Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe Kiel.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019b). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning 'acids and bases' in lower secondary school. Chemistry Teacher International.

Lembens, A. & Reiter, K. (2018a). Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of How to Teach 'Acids and Bases'. Paper presented at the ESERA 2017 Conference: Research, Practice and Collaboration in Science Education, Dublin.

Lembens, A. & Reiter, K. (2018b). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen' – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung. Paper presented at the GDCP Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen, Regensburg.

Loughran, J., Berry, A. & Mullhall, P. (2006). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Rotterdam: Sense Publishers.

Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. Journal of Research in Science Teaching, 41(4), 370-391.

Oelkers, J. (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. Folio. Zeitschrift des BCH |FPS, 1, 18-21.

Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 47(1), 47-70. doi:10.1002/tea.20305

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. International Journal of Science Education, 21(11), 1141-1153. doi:10.1080/095006999290110

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. International Journal of Science Education, 24(12), 1255-1272.

Björn Risch
Karla Blöcher
Marie Schehl
Philip Weinberger

Universität Koblenz-Landau

Das Zertifikat BTN – BNE in der Lehrer*innenbildung

Mit dem seit 2017 am Standort Landau der Universität Koblenz-Landau angebotenen Zertifikat „Bildung – Transformation – Nachhaltigkeit (BTN)“ soll aufgezeigt werden, wie BNE in die Hochschulbildung implementiert werden kann. Im vorliegenden Beitrag werden das pädagogische Konzept des BTN-Zertifikats, die Forschungsinteressen sowie Auszüge aus den Leitbildern der Studierenden vorgestellt.

Hintergründe

Zukünftige Lehrpersonen nehmen eine Schlüsselrolle ein, wenn es um die Förderung von Kompetenzen geht, die für die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft notwendig sind. Zur Realisierung dieser Aufgabe gilt es bereits im Studium qualifizierte Lehrkräfte im Bereich der BNE auszubilden. Lehrerinnen und Lehrer sollen „problem solver“, „change agents“ und „transition managers“ zugleich sein (Wiek et al., 2011). Diesen Ansprüchen stehen die derzeitigen Inhalte der Lehrer*innenbildung in Deutschland entgegen. Die Ausbildung von Lehramtsstudierenden im Bereich BNE ist nach wie vor eine hochschuldidaktische Schwachstelle. Auch wenn in den letzten Jahren einige Initiativen und Projekte zur Implementierung einer BNE in die Lehrer*innenbildung entwickelt wurden, steht eine strukturelle Veränderung dieser noch aus (LeNa, 2014). Dies spiegelt sich auch in der Forschung über Lehramtsstudierende im Kontext BNE wider: So konnte in Bezug auf fachliches Wissen gezeigt werden, dass viele bei Schülerinnen und Schülern bemängelte Defizite auch auf Lehramtsstudierende zutreffen (z. B. fehlendes systemisches Denken, vgl. Sterman & Booth Sweeney, 2007 oder die Fokussierung auf die ökologische Dimension, vgl. Summers et al., 2004). Das bedeutet, dass es im Rahmen der Ausbildung nicht nur um didaktische und pädagogische Fragen im Kontext BNE gehen sollte, sondern auch der Erwerb von nachhaltigkeitsrelevantem Fachwissen und entsprechenden Kompetenzen im Fokus stehen muss.

Das Zertifikat BTN

Das Zertifikat BTN bietet Lehramtsstudierenden aller Fächer und Schulformen die Möglichkeit, sich über zwei Semester in fünf Modulen wissenschaftlich fundiert und praxisorientiert mit Aspekten nachhaltiger Entwicklung auseinanderzusetzen (Risch et al., 2017). Inhaltlich erfolgte die Auseinandersetzung mit BNE-relevanten Themen und Problemstellungen sowie der Konzeption und Durchführung von eigenen Lehrangeboten bzw. Projekten. Im Wintersemester werden die Module M1 (Transformative Bildung für Nachhaltigkeit), M2 (Komplexe Nachhaltigkeitsprobleme) und M3 (BNE & Inklusion) angeboten. In dem darauf folgenden Sommersemester finden die Module M4 (Ausarbeitung & Erprobung von Lehr-Lern-Modulen) und M5 (Forschung im Kontext BNE) sowie ein Abschlusssymposium statt. Ziel des Zertifikats ist es, Lehramtsstudierende mit relevanten Nachhaltigkeitskompetenzen auszustatten, sie für ihre Rolle in Bezug auf die notwendige Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft zu sensibilisieren und sie zu befähigen, in ihrem zukünftigen Berufsleben an Schulen, Hochschulen oder außerschulischen Bildungseinrichtungen inklusive und systemische Nachhaltigkeitskonzepte zu implementieren. Die Struktur des Zertifikats ist durch zahlreiche Alleinstellungsmerkmale charakterisiert, die bewusst neue Impulse im Bereich der BNE-spezifischen Lehrer*innenbildung setzen (vgl. Abb. 1).

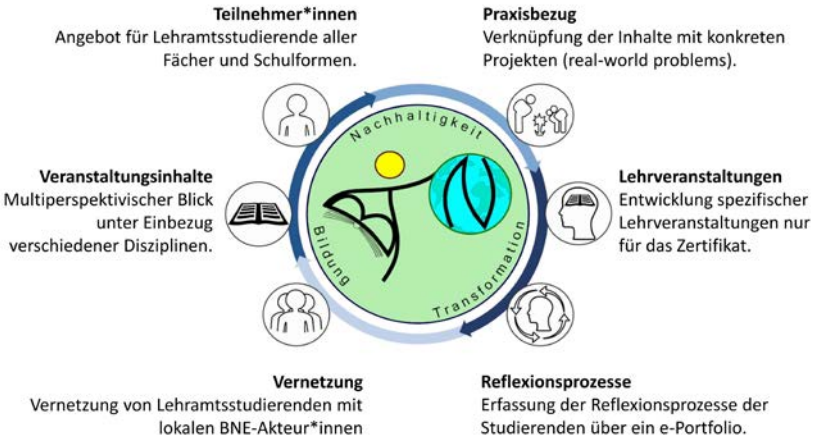


Abb. 1: Innovativer Charakter des Zertifikats BTN

Forschung im Rahmen des Zertifikats

Ein Forschungsschwerpunkt im Rahmen des Zertifikats betrifft die Reflexionsfähigkeit der Studierenden. Wie eine zukunftsfähige Bildung gestaltet werden kann und welche Anforderungen sich daraus an eine BNE ergeben, werden dabei vor dem Hintergrund der Leitbilder einer emanzipatorischen oder instrumentell ausgerichteten BNE diskutiert. Diese beiden Konzepte wurden international 2007 von Vare & Scott erstmalig formuliert, und national durch Rieckmann & Schank (2016), Rieckmann & Holz (2017) sowie Getzin & Singer-Brodowski (2016) rezipiert. Angehende Lehrkräfte sollten mit Blick auf eine instrumentelle und emanzipatorische BNE dazu befähigt werden, ihr Rolle als Lehrende zu reflektieren und Leitbilder einer nachhaltigen Entwicklung kontinuierlich zu hinterfragen (Getzin & Singer-Brodowski, 2016; Rieckmann & Holz, 2017). BNE sollte sich nicht zwischen instrumentellen (BNE 1) oder emanzipatorischen (BNE 2) Ausrichtungen entscheiden müssen, sondern die größtmöglichen Synergien beider Leitbilder schaffen wollen (Wals & Benavot, 2017). Nachfolgend zwei Antworten von BTN-Studierenden, nach Abschluss des Zertifikats, auf die Frage „Wie seht ihr euch heute als Lehrer*in, die BNE berücksichtigen möchte im Vergleich zu früher?“:

T 7: „Meine anfangs eher schwammigen Vorstellungen wurden durch die im Seminar vermittelten Konzepte konkretisiert. Vor allem die Gegenüberstellung von BNE 1 / BNE 2 regte mich zum (Um-)Denken an. Unterricht im Sinne von BNE kann mehr sein als reine Wissensvermittlung, sondern kann bzw. sollte den Schülerinnen und Schülern einen Anstoß zum selbstbestimmten Lernen und Reflektieren geben."

T 9: „In meinem Motivationsschreiben habe ich sehr viele Ansätze genannt, die ich gerne später als Lehrerin behandeln und thematisieren möchte, allerdings hatte ich keine konkreten Vorstellungen davon, wie ich sie in den Unterricht einbinden und sinnvoll umsetzen könnte. Durch die Unterscheidung in BNE 1 und BNE 2 fällt mir das nun um einiges leichter, da ich nun weiß, welche Möglichkeiten es gibt und wie ich Methoden besser anwenden kann (...) Gerade den Gedanken, die Kinder selber durch Erfahrungen und Experimente zu erreichen und ihnen so Themen wie Nachhaltigkeit nahe zu bringen, habe ich zuvor nie so beachtetet. Ich bin immer davon ausgegangen, ich als Lehrperson müsse selber Fakten und Input präsentieren, um ein Nährwert [Mehrwert] zu erzielen, aber der Weg der Selbsterarbeitung könnte in vielen Situationen effektiver sein."

Mit der Entwicklung und Etablierung des Zertifikats sind weitere Forschungsinteressen verknüpft, die einen Beitrag zur Weiterentwicklung der BNE-spezifischen Lehrer*innenbildung leisten sollen (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Übersicht Forschungsvorhaben

Forschungsinteresse	**Erhebungsmethoden**
Reflexionsprozesse: In welchem Maß helfen kritische Reflexionsprozesse LA-Studierenden dabei, die ganzheitlichen Anforderungen an eine BNE in ihren Unterrichtsplanungen zu berücksichtigen?	Motivationsschreiben E-Portfolio Interviews Fragebogen Ebenen der kritischen Reflexion (Kember et al., 2008)
Teacher Beliefs: Welche inklusionsspezifischen Einstellungen (*Teacher Beliefs*) zeigen sich bei Lehramtsstudierenden aller Schulformen und Schulfächer allgemein und in Bezug auf eine inklusive BNE?	Gruppendiskussionen
*Motivation der Teilnehmer*innen:* Was motiviert Lehramtsstudierende sich zusätzlich zu ihrem regulären Studium mit BNE auseinander zu setzen?	Motivationsschreiben Gruppendiskussionen
Einstellungen & Kompetenzerwerb: Wie wirkt sich eine Teilnahme am Zertifikat auf ausgewählte Merkmale der Teilnehmer*innen aus?	Fragebogen Naturverbundenheit (Schultz, 2002; Brügger et al., 2011) Umweltbewusstsein, Ökologisches Verhalten und Umweltwissen (Bogner & Wiseman, 2006; Bogner & Kaiser, 2012) Wissen, Einstellungen und Verhalten bzgl. einer nachhaltigen Entwicklung (Michalos et al., 2011)
Transfer: Welche Transfereffekte zeigen sich auf (Schul- und) Unterrichtsebene bei Lehrer*innen, die im Rahmen ihres Lehramtsstudiums am Zertifikat BTN teilgenommen haben?	Regelmäßige Fragebogenerhebung Angelehnt an die Transferforschung von Trempler, Schellenbach-Zell & Gräsel (2012) im Rahmen des Programms „Transfer 21“

Ausblick

Das Zertifikat wird auch in den nächsten Jahren angeboten. Zukünftig erfolgt eine finanzielle Unterstützung des Zertifikats in erster Linie über das Projekt MoSAiK (Modulare Schulpraxiseinbindung als Ausgangspunkt zur individuellen Kompetenzentwicklung), welches im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Ziel ist es, die Forschung rund um das Zertifikat zu intensivieren. Dies soll dazu beitragen, Lehr-Lern-Prozesse im Kontext BNE weiter zu optimieren. Aus den Ergebnissen sollen Tendenzen ermittelt und Aussagen über erfolgreiche Vermittlungsmethoden von BNE in Hochschulen gemacht werden. Geplant ist darüber hinaus die Einrichtung eines Alumni-Netzwerks sowie die Entwicklung eines Spiralcurriculums, dass sich bis in die dritte Phase der Lehrer*innenbildung ziehen soll.

Literatur

Bogner, F. X. & Kaiser, F. G. (2012). Umweltbewusstsein, ökologisches Verhalten und Umweltwissen: Modell einer Kompetenzstruktur für die Umweltbildung. In H. Bayrhuber (Hrsg.), Formate fachdidaktischer Forschung: empirische Projekte - historische Analysen - theoretische Grundlegungen. Münster: Waxmann, 163-181.

Bogner, F. X. & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitude towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. Environmentalist, 26, 247-254.

Brügger, A., Kaiser, F. G. & Roczen, N. (2011). One for all? Connectedness to nature, inclusion of nature, environmental identity, and implicit association with nature. European Psychologist, 16 (4), 324-333.

Getzin, S. & Singer-Brodowski, M. (2016). Transformatives Lernen in einer Degrowth-Gesellschaft. SOCIENCE - Journal of Science-Society Interfaces, 1, 33-46.

Kember, D., McKay, J., Sinclair, K. & Wong, F. K. Y. (2008). A four-category scheme for coding and assessing the level of reflection in written work. Assessment & Evaluation in Higher Education, 33 (4), 369-379.

LeNa – Deutschsprachiges Netzwerk LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung (2014). Forschung zur LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung. Ein Positionspapier zur Ausgestaltung von Forschungsprogrammen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Verfügbar unter: https://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/portale/netzwerk-lena/LeNa_Positionspapier_Forschung_2014_10_14.pdf

Michalos, A., Creech, H., McDonald, C. & Kahlke, P. (2011). Knowledge, Attitudes and Behaviours. Concerning Education for Sustainable Development: Two Exploratory Studies. Social Indicators Research, 100 (3), 391-413.

Rieckmann, M., & Schank, C. (2016). Sozioökonomisch fundierte Bildung für nachhaltige Entwicklung: Kompetenzentwicklung und Werteorientierung zwischen individueller Verantwortung und struktureller Transformation. SOCIENCE-Journal of Science-Society Interfaces, 65-80.

Rieckmann, M. & Holz, V. (2017). Zum Status Quo der Lehrerbildung und -weiterbildung für nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Der Pädagogische Blick. Zeitschrift für Wissenschaft und Praxis in pädagogischen Berufen 25 (1), 4-18.

Risch, B., Blöcher, K., Holfelder, A. K., Schehl, M. & Weinberger, P. (2017). Konzept und Praxis des Zertifikats" Bildung-Transformation-Nachhaltigkeit (BTN)". BNE in der Lehrerbildung. ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik, 40(3), 11-17.

Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: The psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & P. W. Schultz (Eds.), Psychology of sustainable development. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 61-78.

Sterman, J. D. & Booth Sweeney L. (2007). Understanding public complacency about climate change: adults' mental models of climate change violate conservation of matter. Climatic Change, 80, 213-238.

Summers, M., Corney, G. & Childs, A. (2004). Student teachers' conceptions of sustainable development: the starting-points of geographers and scientists. Educational Research, 46 (2), 163-182.

Trempler, K., Schellenbach-Zell, J., & Gräsel, C. (2012). Effekte des Transfermodellversuchsprogramms „Transfer-21 "auf Unterrichts-und Schulebene. 39 Bildung für nachhaltige Entwicklung – Beiträge der Bildungsforschung, 25.

Vare, P. & Scott, W. (2007). Learning for a Change: Exploring the Relationship Between Education and Sustainable Development. Journal of Education for Sustainable Development, 1 (2), 191-198.

Wals, A. E. J., & Benavot, A. (2017). Can we meet the sustainability challenges?: The role of education and lifelong learning. European Journal of Education, 52 (4), 404-413.

Wiek, A., Withycombe, L. & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. Sustainability Science, 6, 203-218.

Rita Wodzinski[1]
Claudia Wulff[2]
Kathrin Ziepprecht[2]
Ellen Christoforatou[3]
Eva-Maria Kohlmann[4]

[1]Universität Kassel, Didaktik der Physik
[2]Universität Kassel, Didaktik der Biologie
[3]Univ. Kassel, Zentrum für Lehrerbildung
[4]Universität Kassel, Didaktik der Politik

Das interdisziplinäre Studienprofil InterESD mit Fokus auf BNE

Seit dem WiSe 18/19 gibt es an der Universität Kassel die Möglichkeit, sich im Rahmen des Studienprofils InterESD (Internationalization and Education for Sustainable Development) in allen Lehramtsstudiengängen mit Themen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) vertieft auseinanderzusetzen und dabei eigenen Fragen über den Studienverlauf hinweg nachzugehen[1]. Der Beitrag stellt die Entstehungshintergründe und erste Erfahrungen mit dem Studienprofil dar.

Entstehungshintergrund

Das Thema BNE ist an der Universität Kassel durch bestimmte Personen (insbesondere Prof. Dr. Bernd Overwien, Politikdidaktik, und Prof. Dr. Jürgen Mayer, Biologiedidaktik) seit vielen Jahren fest verankert. Einen wesentlichen Impuls setzte zusätzlich Dr. Ellen Christoforatou, die 2012 die Geschäftsführung des Zentrums für Lehrerbildung übernahm. Sie hatte zuvor in Kooperation mit der Right Livelihood Award Foundation Lehr-Lernkonzepte entwickelt (Christoforatou, 2012). Im Jahr 2012 wurde eine AG Teaching Right Livelihood gegründet, an der Fachdidaktiker_innen verschiedener Fächer und Erziehungswissenschaftler_innen beteiligt waren. Ein erster Meilenstein der Arbeit war die Ausrichtung einer Tagung 2014, zu der drei Träger_innen des alternativen Nobelpreises geladen waren, um über Bildungsfragen mit Schüler_innen, Studierenden, Lehrkräften und Dozierenden zu diskutieren. Die inhaltliche Ausgestaltung der Tagung war ein Semester zuvor mit Studierenden und Schüler_innen vorbereitet worden. Die Ergebnisse der Tagung wurden publiziert (Christoforatou, 2016).
Trotz der positiven Erfahrungen wurde die Frage, inwieweit sich der alternative Nobelpreis als Orientierungspunkt für Impulse in der Lehrerbildung eignet, kritisch diskutiert: Die Anbindung an die Biografien der Preisträger_innen bietet viel Potenzial, um Unterricht visionsorientiert zu gestalten. Allerdings sind die inhaltlichen Bezüge zu den Fächern oftmals nicht leicht herzustellen und die durch die Preisträger_innen vertretenen Themenfelder zu komplex, um sie an die bestehenden Curricula anzubinden. Ein weiterer Diskussionspunkt stellte die Frage dar, an welchen Werten sich BNE orientieren soll. Als unstrittige und explizite normative Basis orientierte sich die Weiterarbeit deshalb an den von den Vereinten Nationen 2015 im Rahmen der Agenda 2030 verabschiedeten Sustainable Development Goals (Schreiber & Siege, 2016).

Leitideen des Studienprofils InterESD

Das Studienprofil stellt ein Angebot für Lehramtsstudierende aller Studiengänge und aller Unterrichtsfächer dar. Hauptintention ist, die Eigeninitiative der Studierenden zu stärken, indem sie ermutigt werden, Schwerpunkte innerhalb ihres regulären Studiums zu setzen, dabei aber auch über den Tellerrand des eigenen Fachs zu schauen. Das Studienprofil setzt den Besuch einer Vorlesung BNE voraus, die einem Pflichtmodul der Bildungswissenschaften zugeordnet ist, das im Studienverlauf in der Regel ab dem 3. Semester besucht wird.

[1] mehr dazu unter http://www.uni-kassel.de/einrichtungen/zlb.

Entsprechend der Grundsätze der Bildung für nachhaltige Entwicklung ist auch im Studienprofil die Handlungsorientierung eine wichtige Leitlinie. Dazu ist ein Praktikum zu absolvieren, das ein reguläres Schulpraktikum mit Bezug zu BNE sein kann, oder z.B. ein Praktikum in einer Nicht-Regierungs-Organisation oder eine Auslandsexkursion. Im Rahmen des Studienprofils sollen globale Perspektiven auf das Thema BNE bewußt erweitert werden. Dazu werden Auslandsaufenthalte gezielt beworben. Es besteht aber auch die Möglichkeit, globale Perspektiven vor Ort handelnd weiterzuentwickeln (z.B. durch Auseinandersetzung mit Geflüchteten).

Der Aufbau des Studienprofils

Abb. 1: Struktur des Studienprofils

Die Abbildung 1 zeigt die Bausteine des Studienprofils. Zum Pflichtbaustein gehört der Besuch der Vorlesung BNE im Rahmen der Bildungswissenschaften. Den Startpunkt des Studienprofils bildet ein einmaliges Einstiegsseminar im Anschluss an die BNE-Vorlesung. Die Teilnehmer_innen lernen hier ihre Mentor_innen kennen und entwickeln erste Fragestellungen. Zusätzlich ist der Besuch einer jährlichen Zukunftskonferenz verpflichtend im Grundlagenmodul verankert, auf der die Absolvent_innen ihre Ergebnisse der Öffentlichkeit präsentieren.

Die beiden Wahlpflichtbausteine repräsentieren fachbezogene Spezialisierungen zur individuellen Fragestellung (im Wahlpflichtbaustein 1) und inhaltliche Vertiefungen und Schwerpunktsetzungen unter Einbezug von Praktika (im Wahlpflichtbaustein 2). Für den Wahlpflichtbaustein 1 können Veranstaltungen aus dem regulären Studienprogramm gewählt werden, die bereits einen expliziten BNE-Fokus aufweisen oder es können in Absprache mit den Dozierenden in Studien- und Prüfungsleistungen individuelle Bezüge zu BNE hergestellt werden. Beim Wahlpflichtbaustein stehen reflektierte Praxiserfahrungen mit Fokus auf Internationalisierung und BNE im Fokus.
Die Studierenden dokumentieren und reflektieren ihre Lernwege in einem Portfolio, das auch die Studienleistungen dokumentiert. Die Mentor_innen unterstützen sie auf ihrem Lernweg und bei der inhaltlichen Ausgestaltung des Studienprofils.

Begleitforschung

Die AG Teaching Right Livelihood, die das Studienprofil inhaltlich verantwortet, ist dem Zentrum für Lehrerbildung zugeordnet. Die konzeptionelle Arbeit und die Verwaltung des Studienprofils wird durch ein Teilprojekt von PRONET[2] im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung personell unterstützt.[2] In diesem Kontext wird das Studienprofil auch begleitend beforscht. In einer ersten Studie wurde insbesondere der Frage nachgegangen,

[2] Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung – Fortführung und Potenzierung“ (PRONET[2]) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Erstautor.

welche Rolle die Themen Internationalisierung und BNE für die Einwahl der Studierenden in das Studienprofil spielen. Im einzelnen werden folgende Forschungsfragen verfolgt:
(F1) Inwieweit unterscheiden sich Studierende mit und ohne Vorerfahrungen im Bereich Internationalisierung und BNE in Bezug auf die Einwahl in das Studienprofil?
(F1) Welche Begründungen für eine Teilnahme oder Nicht-Teilnahme werden angegeben?
Für den ersten Durchgang wurde dazu u.a. eine Fragebogenerhebung in der BNE-Vorlesung durchgeführt und ausgewertet. Ein Item mit offenen Antwortformat, das im Folgenden näher betrachtet werden soll, lautete: „Nennen Sie bitte Gründe, warum Sie am Studienprofil (nicht) teilnehmen."
Es wurden Daten von 48 Studierenden gesammelt, die im Mittel im 5. Semester (M=5.0) waren. In der Stichprobe waren alle Lehramtsstudiengänge etwa in dem Verhältnis vertreten, wie es den Studierendenzahlen in den verschiedenen Lehramtstypen der Universität Kassel entspricht: Lehramt Grundschule 42%, Lehramt Gymnasien 31%, Lehramt Haupt- und Realschule 13% und Lehramt Berufliche Schulen 14%.
Von den Teilnehmenden an der Befragung geben 50% an, dass sie vielleicht an dem Studienprofil teilnehmen möchten. 35% geben an, dass sie kein Interesse haben, 15% äußern sich positiv zur Teilnahme am Studienprofil. Die Begründungen für die Teilnahme oder Nicht-Teilnahme lassen erkennen, dass bei den Befürworter_innen das Interesse am Thema BNE als auch die Möglichkeit, dies mit einem Auslandsaufenthalt zu verknüpfen, relevant sind. Bei denjenigen, die sich gegen eine Teilnahme entscheiden, wird häufig das bereits weit fortgeschrittene Studium als Argument genannt.

Erfahrungen aus dem ersten Durchgang
Im WiSe 18/19 haben 15 Studierende mit dem Studienprofil begonnen. Darunter sind drei Grundschulstudierende (alle mit Fach Sachunterricht) und neun Gymnasialstudierende. Unter den belegten Unterrichtsfächern wird sechsmal das Fach Politik und Wirtschaft genannt, das zum Thema BNE einen engen Bezug hat. Desweiteren sind die Fächer Biologie, Physik und Religion vertreten. Die entsprechenden Fachdidaktiker_innen sind auch als Mentorinnen tätig. Im Einführungsseminar wurde deutlich, dass die Studierenden häufig besondere Studienverläufe zeigen, die durch Fachwechsel, einen zweiten Bildungsweg oder ein besonderes Engagement außerhalb des Studiums gekennzeichnet sind. Von den 15 Studiereden sind allein sechs Studierende (ohne Grundschullehramt), die ein drittes Fach studieren. Damit spricht das Studienprofil offenbar eine besondere Gruppe von Studierenden an, die auch als Zielgruppe avisiert worden war.

Auswirkungen von InterESD
Die ersten Erfahrungen zeigen, dass die Teilnehmenden des Studienprofils sich sehr schnell untereinander vernetzt haben. Auf diese Weise hat das Studienprofil bereits dazu beigetragen, den Blick über den Horizont des eigenen Fachs zu erweitern. Für die Mitglieder der AG Teaching Right Livelihood hat die interdisziplinäre Arbeit den Blick auf das eigene Fach im Zusammenspiel der anderen Fächer wesentlich bereichert. Die Ausgestaltung des Studienprofils liefert darüber hinaus Impulse für neue Veranstaltungsformate und interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Lehre. So beteiligen sich inzwischen auch Fachdidaktiker_innen der Naturwissenschaften mit Beiträgen zum Thema Klimawandel an der BNE-Vorlesung. Schulpraktische Studien können neuerdings auch in fächerübergreifenden Teams aus Biologie, Physik und Politik und Wirtschaft durchgeführt werden. Eine Studienwerkstatt zum Thema Klimawandel ist aktuell in Vorbereitung.
Die durch das Studienprofil angeregten Veränderungen in der Lehrerbildung sollen auf diese Weise auch die unterrichtliche Umsetzung von BNE in den Schulen unterstützen.

Literatur

Christoforatou, E. (Hrsg.) (2012). Teaching Right Livelihood. Eine Handreichung für Lehrkräfte und Lehrerbildner. Mit englischsprachigen Unterrichtsmaterialien. Kassel: University Press.

Christoforatou, E. (Hrsg.) (2016). Education in a Globalized World: Teaching Right Livelihood (=Theory and Practice of School Pedagogy 30). Immenhausen: Prolog-Verlag.

Schreiber, J-R. & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Berlin: Cornelsen

Frederik Bub Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe

Orientierungen zu Technik und Verantwortung im Physikunterricht

Physik, Technik, Verantwortung – Eine kurze Einordnung

Das Verständnis der komplexen Beziehung zwischen Physik und Technik (Gardner, 1994; Spiegel, 1999) ist ein zentraler Bestandteil des Lernens über die Natur der Naturwissenschaft Physik (Hadjilouca et al., 2011; McComas, 2008; Osborne et al., 2003). Da Physik und Technik eingebettet sind in soziale und ökologische Zusammenhänge, ist die Fähigkeit zur verantwortungsvollen Mitgestaltung dieser Wechselbeziehungen Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts, welches durch zahlreiche Ansätze wie Socioscientific Issues (Vesterinen et al., 2014), ethisches Bewerten (Dittmer et al., 2016) und Bildung für nachhaltige Entwicklung (KMK & DUK, 2007) hervorgehoben wird. Eine entscheidende Rolle für den Erfolg dieser Ansätze spielt die Lehrperson (Lederman et al., 1998; Rubba & Harkness, 1993; Sadler et al., 2006). Diese Studie nimmt daher die impliziten Wissensstrukturen (Orientierungsrahmen) von Physik- und Techniklehrpersonen in den Blick.

Gegenstandstheorie zu Orientierungen und Orientierungsrahmen

Mit Neuweg lässt sich das Wissen von Lehrerinnen und Lehrern analytisch in drei Wissensarten trennen (Neuweg, 2011). Wissen 1 wird konzipiert als das „kodifizierte, mehr oder weniger systematische und insbesondere in der Ausbildung anzueignende *Professionswissen*“ (ebd., S. 452). Mit Wissen 2 fasst Neuweg die stark subjektiven, kognitiven Strukturen – ein Konstrukt mit „unscharfen Rändern“, welches auch „subjektive Theorien, Denkstile und epistemologische Überzeugungen […] sowie professionelle Werthaltungen“ umfasst (ebd., S. 452). Charakteristisch für diesen Teil des Wissens ist, dass es implizit vorliegt, dem Lehrenden in der Handlung also nicht reflexiv zugänglich ist. Die eigentliche professionelle Handlung oder auch das Können bezeichnet Neuweg als Wissen 3. Alle drei Wissensarten stehen in komplexer Wechselwirkung miteinander und mit vielfältigen äußeren Einflüssen. Mit dem Konstrukt der Orientierungen und des Orientierungsrahmens kann an dieses Modell angeschlossen werden. Orientierungen werden als implizite, konjunktive und handlungsleitende Wissensstrukturen verstanden (Nohl, 2017). Damit wird die gegenstandstheoretische Fassung des Wissens von Lehrerinnen und Lehrern um eine soziologische Perspektive ergänzt, die Entstehung und Wirkung des Wissens im sozialen Raum in den Fokus nimmt. Der konjunktive, also geteilte Erfahrungsraum von Individuen prägt die gemeinsamen Orientierungen und wird vice versa durch die Handlungen der Individuen gestaltet. Diese doppelte, wechselseitige Strukturiertheit im Spannungsfeld zwischen Individualität und Kollektivität, ist auch im Konzept des Habitus nach Bourdieu verankert. Der Habitus, als Summe der internalisierten Denk-, Wahrnehmungs- und Handlungsmuster, kann demnach analog zum Orientierungsrahmen als die Gesamtheit der Orientierungen verstanden werden (Bohnsack et al., 2013).
In dieser Studie werden die Orientierungen von Physik- und Techniklehrkräften zur Beziehung von Physik und Technik und der Rolle von Verantwortung darin rekonstruiert.

Methodologie und Studiendesign: Dokumentarische Methode und Interviews

Als methodologischer Rahmen hierfür dient die Dokumentarische Methode, welche die Rekonstruktion impliziter Orientierungen theoretisch fundiert. Methodisches Instrument hierbei sind leitfadengestützte Interviews mit Physik- und Techniklehrkräften. Zentral für die Dokumentarische Methode ist die Unterscheidung zwischen zwei Sinnebenen von

Kommunikation: Neben dem objektiven Sinn, der dem thematischen Inhalt einer Äußerung entspricht, trägt jede Äußerung noch einen dokumentarischen Sinn, der auf den modus operandi, auf grundlegende Orientierungen verweist, welche eine Aussage strukturieren (Nohl, 2017, S. 4–5). Diese Sinnebenen werden in zwei Auswertungsschritten analytisch getrennt. Zunächst wird in der formulierenden Interpretation der Text in thematische Sequenzen geteilt und der Inhalt mit eigenen Worten reformuliert. Im zweiten Schritt, der reflektierenden Interpretation, wird der Text sequenziell auf einer mikrosprachlichen semantischen, syntaktischen und pragmatischen Ebene analysiert und spezifische Muster identifiziert, welche den Text themenübergreifend strukturieren (Kruse, 2015). Dies geschieht komparativ, also vergleichend über (kontrastierende) Fälle hinweg sowie fallimmanent.

Im Rahmen dieser Studie wurden 19 leitfadengestützte Interviews mit Physik- bzw. Techniklehrkräften (5 w, 14 m) im Alter von 26 bis 52 Jahren geführt. Der Leitfaden besteht zum Großteil aus offenen Stimuli, welche den Interviewten eigene Relevanzsetzungen erlauben und die Entfaltung der eigenen Orientierungen in Erzählungen und Beschreibungen ermöglichen. Der Leitfaden strukturiert das Interview dabei in vier Teile: die persönliche Berufsbiographie, die Beziehung zwischen Physik und Technik, das Konzept Verantwortung und der Physik- bzw. Technikunterricht hierzu. Das Interviewmaterial ist transkribiert und wird derzeit ausgewertet. Die Interpretation des Materials nach beschriebenem Vorgehen findet dabei zum großen Teil in Interpretationsgruppen statt.

Fallvergleich Herr Schwarz und Herr Groß

Zwei besonders kontrastierende Fälle sollen hier exemplarisch analysiert werden. Herr Schwarz und Herr Groß sind beide junge Physiklehrer, die erst vor Kurzem ihren Vorbereitungsdienst abgeschlossen haben. Die beispielhafte und hier in der Darstellung verkürzte Analyse bezieht sich auf die Stelle im Interview, an der die Interviewten bereits über ihre Berufsbiographie, die Beziehung zwischen Physik und Technik und ihre Gedanken zum Begriff Verantwortung gesprochen haben. Beide Interviewten erhalten sehr ähnliche Stimuli, die an dieser Stelle nicht weiter analysiert werden:

Interviewer: hmm (.) ähm (.) d- kommen wir vielleicht nochmal auf (.) das zurück, worüber wir vorher gesprochen haben, also so phySIK und TECHnik, [Schwarz: hmm] wie die so im verHÄLtnis zueinander stehen (.) ähm (.) wie würdest du verantwortung mit mit diesem KONtext sozusagen in verbindung bringen (.) phySIK und TECHnik. Schwarz: hmm (2) so ganz sponTAN, dass man also, dass man die schüler (.) erstmal zu nem (2) und das is ja ein ganz GROßes thema immer im phy- wenn man experimenTIERT, äh (.) dass man den verantwortungsvollen UMgang mit technischen geräten auch erstmal äh (.) VORDERgründig [Interviewer: hmm.] vermittelt. ja, dann so (.) dass dass sie nich nur, also ich sach dann ich sach dann häufig: ok (.) passt auf, die geräte, die wir hier haben, die äh die wollen noch, die haben schon EINige schüler vor euch benutzt und wollen noch VIELe schüler nach euch benutzen, dass ihr mit der nötigen sorgfalt äh behandelt und ihr seid in dem moment dafür verantwortlich.	Interviewer: genau. ä::hm (2) genau. okay dann ä::hm (.) beziehen wir es vielleicht nochmal zurück, auf dieses auf dieses spektrum physik, technik verant- also die verantwortung, wo spielt das, spielt verantwortung aus deiner sicht da vielleicht ne rolle [Groß:oh.] in diesem bereich. Groß: naja, ich meine (.) interessante (.)sache hat man ja geschichtlich (.) beim bau der atombombe. [Interviewer: mhm.] […] wir SIND jetzt mittlerweile auch an nem PUNKT (.) natürlich durch die physik und die technik, die damit kommt, dass wir ebend (.) ja, letztendlich uns selbst vernichten KÖNnen. und vielleicht ist das unser schicksal. vielleicht ist das schicksal JEDER (.) intelligenten zivilisation, dass se irgendwann mal MÄCHtig genug wird (.) sich selber hochzujagen und dann brauchste nur genug spinner an=er richtigen position (.) dass das realisiert wird, aber ähm (.) dass is=ne sache, (2) de- die die pasSIERT. also die passiert einfach mit zunehmenden FORTschritt. das des lässt sich gar nicht (.) verHINdern. also es ist einfach nur (2) logisch zu ende gedacht.

Thematische Gliederung der Antworten

Die Antwort von Herrn Schwarz lässt sich in zwei Sequenzen unterteilen: zunächst die allgemeine Aussage, Schüler sollten einen verantwortungsvollen Umgang mit technischen Geräten lernen und dann die Anekdote, dass Herr Schwarz stets auffordert, die gemeinsam

genutzten Geräte verantwortungsvoll zu behandeln. Die Antwort von Herrn Groß gliedert sich thematisch in einen Abschnitt zum Bau der Atombombe, zur Ermöglichung der Selbstvernichtung durch Technik und Physik, zum schicksalhaften Untergang der Gesellschaft und zur Unausweichlichkeit dieses Schicksals mit zunehmendem Fortschritt.

Beispielhafte Analyse des Interviewauszuges
Da eine umfassende Analyse hier nicht darstellbar ist, soll das Interpretationsergebnis an dem Textauszug nur illustriert werden mit einem Fokus auf der semantischen Analyse der handelnden Subjekte, deren Tätigkeitsfelder und der Zeitperspektive. Es zeigt sich, dass die Antwort von Herrn Schwarz dem Muster der „Gestalteten Mitwelt" folgt, die Antwort von Herrn Groß sich am „Globalen Schicksal" orientiert. In der Antwort von Herrn Schwarz werden als handelnde Subjekte „Schüler" und „ich" (Herr Schwarz in der Rolle als Lehrer) genannt. Beide stehen in direktem oder vermittelt über Herrn Schwarz indirektem Kontakt miteinander. Die zeitliche Ordnung der Antwort wird über die benannten Schülergruppen („vor euch", „nach euch", „ihr […] in dem moment") definiert. Die den Akteuren zugeordneten Tätigkeiten, wie das „experimentieren", „vermitteln" und „geräte […] benutzen" und „mit sorgfalt […] behandeln" entsprechen alle dem Tätigkeitsfeld Schule. Örtlich wie zeitlich wird hier also die direkte Mitwelt beschrieben und den Akteuren in dieser eine gestaltende Rolle zugesprochen. In Herrn Groß Antwort werden dagegen als zentrale, handelnde Subjekte „wir" und „jeder intelligenten Zivilisation" angeführt. Die zeitliche Ordnung der Antwort orientiert sich an einer historischen, linearen und final ausgerichteten Entwicklung der gesamten Menschheit: Herr Groß bringt zunächst ein „geschichtlich[es]" Beispiel (den Bau der Atombombe), sagt wo die Menschheit „jetzt mittlerweile" ist und beschreibt wie die Entwicklung „letztendlich […] irgendwann mal" zum Untergang führt. Die beschriebenen Tätigkeiten „vernichten", „hochzujagen" und „nicht verhindern" markieren einerseits eine destruktive Omnipotenz der Zivilisation, andererseits eine Machtlosigkeit gegenüber einer schicksalhaften Entwicklung. Die beschriebenen Subjekte und deren Tätigkeitsfeld weisen auf eine Orientierung an einer globalen Perspektive hin. Die zeitliche Ordnung und das Fehlen von handelnden Subjekten im letzten Abschnitt der Antwort verdeutlichen die geäußerte fatalistische Position.

Komparative Analyse der Erzählmuster
Die rekonstruierten Erzählmuster in den dargestellten Antworten wurden fallimmanent an weiteren Stellen im Interview überprüft, was eine stabile, grundlegende Orientierung hinter den Erzählfiguren nahelegt. Das Erzählmuster „Gestaltete Mitwelt" von Herrn Schwarz findet sich auch in den Erzählungen am Beginn des Interviews („Leuten ohne Zugang zu Physik helfen") als auch beim thematischen Block zum Verhältnis von Physik und Technik („Der Kran und das Hebelgesetz"). Ebenso ist das Erzählmuster „Globales Schicksal" von Herrn Groß in diesen Abschnitten wiederzufinden („Faszination für Kosmologie" und „Der Quantencomputer und Einstein").

Fazit und Ausblick
Die hier dargestellten, mit Hilfe der Dokumentarischen Methode rekonstruierten Orientierungen sollen mit weiteren Orientierungen in Beziehung gesetzt werden und stellen somit die Basis für eine Typenbildung dar, welche ein grundlegendes Verständnis der impliziten Wissensstrukturen von Lehrpersonen zum Verhältnis von Physik und Technik und der Rolle von Verantwortung darin liefern kann.

Literaturverzeichnis

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I. & Nohl, A.-M. (Hrsg.). (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung (3., aktualisierte Aufl.). Wiesbaden: Springer VS.

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Bezugspunkte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), 97–108. doi:10.1007/s40573-016-0044-1

Gardner, P. L. (1994). The Relationship between Technology and Science: Some Historical and Philosophical Reflections. Part I. International Journal of Technology and Design Education 4, 123–153.

Hadjilouca, R., Constantinou, C. P. & Papadouris, N. (2011). The Rationale for a Teaching Innovation About the Interrelationship Between Science and Technology. Science & Education 20 (10), 981–1005. doi:10.1007/s11191-010-9332-1

Kruse, J. (2015). Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz (Grundlagentexte Methoden). Weinheim: Beltz Juventa.

Lederman, N. G., McComas, W. F. & Matthews, M. R. (1998). Editorial. Science & Education 7 (6), 507–509.

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. Science & Education 17 (2-3), 249–263. doi:10.1007/s11191-007-9081-y

Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 421–477). Münster: Waxmann.

Nohl, A.-M. (2017). Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis (Lehrbuch, 5., aktualisierte und erweiterte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What „Ideas-about-science“ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. Journal of Research in Science Teaching 40 (7), 692–720. doi:10.1002/tea.10105

Rubba, P. A. & Harkness, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers‘ beliefs about science-technology-society interactions. Science Education 77 (4), 407–431.

Sadler, T. D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M. & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and Ethics in Science Classrooms. Teacher Perspectives and Strategies. Journal of Research in Science Teaching 43 (4), 353–376.

Spiegel, R. (1999, 09. August). Technikbezug im Physikunterricht der mittleren und höheren Schulen. Eine Untersuchung zu den historischen Wurzeln, zum didaktischen Anspruch und zur Realität. Dissertation, Universität zu Köln. Köln.

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland KMK & Deutsche UNESCO-Kommission DUK (Hrsg.). (2007). Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule.

Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A. & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In M. R. Matthews (Hrsg.), International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching (S. 1895–1925). Dordrecht: Springer Netherlands.

Christopher Kurth Universität Kassel
Rita Wodzinski

Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel Hebel

Die Fähigkeit von Lehrkräften, mögliche Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zu antizipieren und bei der Planung und Gestaltung von Phasen des eigenständigen Experimentierens zu berücksichtigen, wird als eine wichtige Facette diagnostischer Kompetenz angesehen (Draude, 2016). Die Bandbreite möglicher Schwierigkeiten stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Um die Förderung dieser Kompetenz auf möglichst realitätsnahe Daten aufzubauen, wird im Rahmen eines Promotionsprojekts unter anderem untersucht, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Experimentieren haben (Kurth & Wodzinski, 2019). Dazu werden Videoaufnahmen mit Schülergruppen bei der Bearbeitung verschiedener Experimentieraufträge erstellt und qualitativ im Hinblick auf auftretende Schwierigkeiten ausgewertet. Ergebnisse einer Teilstudie zu einem Experimentierauftrag zum Thema Hebelgesetz werden im Folgenden vorgestellt. Der Beitrag möchte darüber hinaus die Einordnung der Teilstudie in das Gesamtkonzept des Promotionsvorhabens verdeutlichen.

Forschungsfragen & theoretischer Rahmen

In einer Untersuchung von Draude (2016) zeigte sich überraschenderweise kein Zusammenhang zwischen der Lehrerfahrung der untersuchten Lehrkräfte und der Fähigkeit, Schülerschwierigkeiten auf Grundlage eines Experimentierauftrags vorherzusagen. Um zu klären, wie eine Förderung dieser Kompetenz im Studium gelingen kann, wird im Promotionsprojekt der Frage nachgegangen, welche Ursachen einer ge- bzw. misslungenen Diagnose von Schülerschwierigkeiten zugrunde liegen. Die Untersuchungsgruppe bilden dabei Lehramtsstudierende. Die Beurteilung der Diagnosen setzt wiederum voraus, dass Kenntnisse über real auftretende Schwierigkeiten vorliegen.
Entsprechend geht es in der hier referierten Teilstudie um die Frage, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung eines spezifischen Experimentierauftrags zum Thema Hebelgesetz haben **(FF1)**. Erste Anhaltspunkte dazu liefern allgemeine Kategorisierungen von Schwierigkeiten beim Lernen von Physik bzw. beim Experimentieren. Die vorliegende Studie knüpft an Vorarbeiten von Kechel (2016) an, der ein Kategoriensystem zur Auswertung von beobachteten Schülerschwierigkeiten bei einem Experiment zum Hookeschen Gesetz entwickelt hat. Neben typischen Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren werden dabei auch zahlreiche für das Experiment spezielle Schwierigkeiten deutlich. Im Hinblick auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist von Bedeutung, inwiefern die empirisch erhobenen Schwierigkeiten zum Hebelgesetz vom speziellen Experiment unabhängig bzw. experimentspezifisch sind **(FF2)**.

Untersuchungsdesign und Auswertungsmethodik

Zur Erhebung der Schülerschwierigkeiten wurde der Experimentierprozess von Schülerinnen und Schülern videographiert. Um eine dem Experimentieren im realen Physikunterricht vergleichbare Situation herzustellen, arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Zweierteams. Das im Gegensatz zur Einzelarbeit vorhandene Gespräch zwischen den Schülerinnen und Schülern stellt neben den Handlungen eine weitere zentrale Informationsquelle dar. Zum Ausschluss von Einflüssen des Unterrichts wird das Experiment nicht im Klassenverband, sondern von jeder Gruppe in einem separaten Raum durchgeführt.

Im Kern geht es bei dem eingesetzten Experimentierauftrag um das Formulieren einer möglichst allgemeinen Regel zur Beschreibung der Bedingungen für eine Gleichgewichtslage eines zweiseitigen Hebels. Der Hebel wird in der Aufgabenstellung als „Wippenmodell“ bezeichnet, da der Experimentierauftrag mit Hilfe einer Wippenanalogie eingeleitet wird.

Die konkreten Arbeitsaufträge lauten:
- Baut das Wippenmodell wie in der Abbildung oben auf.
- Findet mehrere Möglichkeiten, zwei Massestücke so anzuordnen, dass das Wippenmodell in Waage bleibt. Protokolliert euer Vorgehen.
- Findet mehrere Möglichkeiten, drei Massestücke so anzuordnen, dass das Wippenmodell in Waage bleibt. Protokolliert euer Vorgehen.
- Versucht, eine allgemeine Regel zu formulieren, welche beschreibt, wann das Wippenmodell in Waage ist.

Den Abschluss des Auftrags bildet die Frage, wie sich drei Mädchen mit bekannten Massen auf einer Wippe positionieren können, so dass sich diese im Gleichgewicht befindet.

Die im Videomaterial und auf den Protokollbögen sichtbaren Schwierigkeiten wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse induktiv kategorisiert (Kuckartz, 2018). Um die Ergebnisse mit der Studie von Kechel (2016) zum Hookeschen Gesetz vergleichen zu können, wurde das Abstraktionsniveau analog zu Kechels Vorgehen so gewählt, dass durch „konkrete Formulierungen der Kategorien […] das Herstellen von Bezügen zum vorliegenden Experiment ermöglicht werden [soll]“ (Kechel 2016, S. 116). Das Selektionskriterium wurde ebenfalls in Anlehnung an Kechel (2016) wie folgt definiert: Eine Schwierigkeit beim Experimentieren liegt dann vor, wenn mindestens eine Schülerin oder ein Schüler ein für das erfolgreiche Bearbeiten der Experimentieraufgabe erforderliches Teilziel nicht, in unbefriedigendem Maße oder nur mit großer Mühe erreicht. Teilziele stellen dabei Ziele dar, welche die Schülerinnen und Schüler für das erfolgreiche Bearbeiten der Aufgabe in jedem Fall erfüllen müssen. Diese wurden auf Grundlage eines Erwartungshorizontes formuliert, welcher in einer Expertenrunde erarbeitet wurde. Ein Teilziel aus der Phase „Beobachten/Messen/Dokumentieren“ lautet beispielsweise: „Die SuS befestigen zwei Massestücke so an dem Wippenmodell, dass sich dieses in Waage befindet. Dabei verwenden sie sowohl Massestücke mit gleicher als auch mit unterschiedlicher Masse.“ Sollten die Schülerinnen und Schüler also lediglich Massestücke mit gleicher Masse verwenden, wird das Teilziel nur in unbefriedigendem Maße erfüllt und es liegt eine Schwierigkeit vor.

Die Gelegenheitsstichprobe umfasst sechs Experimentiergruppen, bestehend aus jeweils zwei Schülerinnen der achten Klasse. Die Experimentierphasen umfassen im Mittel 27 Minuten und 30 Sekunden (SD = 4,8 min). Zwei Gruppen beendeten die Bearbeitung auf Grund des Zeitlimits von 30 Minuten. Die restlichen Gruppen schlossen ihre Bearbeitung innerhalb des vorgegeben Zeitrahmens ab.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 35 Kategorien für Schwierigkeiten herausgearbeitet. Die Zweitkodierung von drei Schülergruppen ergab eine Interrater-Reliabilität von 0.91.

Fünf Kategorien wurden bei mindestens fünf der Gruppen kodiert, während neun Kategorien bei jeweils einer Gruppe vorkommen. Dies deutet darauf hin, dass es sowohl für den Experimentierauftrag typische Schwierigkeiten als auch individuelle Schwierigkeiten der einzelnen Gruppen gibt.

Ein konkreter Einblick in die Arten von Schwierigkeiten wird im Folgenden an Hand von drei Situationen gegeben. Dabei wird deutlich, dass vermeintliche Kleinigkeiten den gesamten Experimentierprozess zum Erliegen bringen können.

Kleine Abweichungen von der Horizontalen werden nicht als Lösung angesehen (6 Gruppen)
Zwei Schülerinnen sind während des gesamten Experimentierprozesses irritiert, dass sie das Wippenmodell nicht vollständig in Waage bringen können. Obwohl sie die Massestücke so anordnen, dass ein Gleichgewichtszustand vorliegt, führen wenige Grad Abweichung des Hebelarms von der Horizontalen dazu, dass die Schülerinnen die Anordnung nicht als Lösung ansehen und somit keine allgemeine Regel formulieren. Hintergrund der Abweichung ist dabei die Reibung in der Befestigung des Hebelarms, die im Gleichgewichtszustand eine Positionierung des Hebelarms abweichend von der Horizontalen ermöglicht.

Ratlosigkeit über den Aufbau des Stativmaterials (3 Gruppen)
Eine Gruppe ist sich unsicher, wie der Hebelarm am Stativmaterial befestigt werden kann. Dies führt zu einer achtminütigen Phase, in der lediglich der Versuch aufgebaut wird. Erst im Anschluss werden Messungen vorgenommen. Der Zeitverlust führt zu einer unvollständigen Bearbeitung des Auftrags.

Formulierung einer allgemeinen Regel ohne Versuchsdurchführung (1 Gruppe)
Zwei Schülerinnen haben mehrere Möglichkeiten zur Anordnung von zwei Massestücken gefunden. Im Anschluss versuchen sie eine allgemeine Regel zu formulieren, die sowohl die Anordnung von zwei als auch drei Massestücken beschreibt.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die Kategorien in experimentspezifisch, experimentunspezifisch und teilweise experimentspezifisch eingeteilt. In jeden Bereich fallen etwa ein Drittel der 35 Schwierigkeitenkategorien. Experimentspezifische Kategorien beinhalten Schwierigkeiten, die nicht auf andere Experimente übertragbar sind, wie beispielsweise die zuvor beschriebene Irritation über die Abweichungen des Hebelarms von der Horizontalen. Teilweise experimentspezifische Kategorien beinhalten Schwierigkeiten, die auf ähnliche Experimenttypen – in diesem Fall Experimente, mit denen eine Gesetzmäßigkeit erarbeitet werden soll – übertragen werden können, wie beispielsweise die „Ratlosigkeit über das Formulieren einer allgemeinen Regel“. Experimentunspezifische Kategorien sind solche, die im Prinzip auf alle physikalischen Schulexperimente übertragen werden können, wie z.B. die „fehlerhafte Fachsprache“ oder die „Unklarheit über den Experimentierauftrag“.

Ausblick
Die Ergebnisse zeigen, dass Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren sehr facettenreich sein können und ein genauer Blick auf mögliche Schwierigkeiten lohnend erscheint. Im Hinblick auf die Fragestellung des Promotionsprojekts, welche Ursachen einer ge- bzw. misslungenen Diagnose von Schülerschwierigkeiten durch Lehramtsstudierende zu Grunde liegen, liefern die Ergebnisse einen wichtigen Beitrag. Im Rahmen von Interviews, in denen Studierende mögliche Schülerschwierigkeiten beim Experiment zum Hebelgesetz diagnostizieren, werden die Schwierigkeitenkategorien und Häufigkeiten als Maßstab für die studentischen Diagnosen herangezogen. Insbesondere wird dabei analysiert, ob sich Muster in den studentischen Diagnosen bezüglich der Kategorienmerkmale finden lassen, wie beispielsweise der Experimentspezifität oder dem Zusammenhang zu bestimmten Bedingungsfaktoren für Schwierigkeiten (Jung et al., 1977; Wiesner, 1992; Wodzinski, 2006). Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern eigene Schwierigkeiten der Studierenden die Diagnosen beeinflussen (Kurth & Wodzinski, 2018), welche Situationen die Studierenden überhaupt als Schwierigkeit wahrnehmen und wie sie dies begründen (Kurth & Wodzinski, 2019).

Literatur

de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 68 (2), 179–201.

Draude, Martin (2016): Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren (Studien zum Physik- und Chemielernen).

Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen –Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik.
Dissertation: http://www-brs.ub.ruhr-unibochum.de/netahtml/HSS/Diss/HellwigJulia

Jung, W., Reul, H. & Schwedes, H. (1977). Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6 (Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik, 1. Aufl.). Frankfurt a.M., Berlin, München: Diesterweg.

Kechel, Jan-Henrik (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 214).

Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779946830.

Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2018). Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren. Erste Ergebnisse am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 920). Universität Regensburg

Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2019). Perspektiven von Studierenden auf Schwierigkeiten beim Experimentieren. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 173). Universität Regensburg

Wiesner, H. (1992). Lernschwierigkeiten von Schülern im Physikunterricht unter besonderer Berücksichtigung des Unterrichts über Optik, Mechanik und Quantenphysik. Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefugnis (venia legendi) im Fach Didaktik der Physik an der Pädagogischen Hochschule Halle-Köthen. Frankfurt a. M.

Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern. Modulbeschreibungen des Programmes SINUS-Transfer Grundschule. Kiel: IPN.

Ingrid Krumphals Universität Graz
Claudia Haagen-Schützenhöfer

Förderung von Diagnosekompetenz im Ph-LA Studium – ein DBR-Projekt

Ausgangspunkt

Die Ergebnisse der PISA-Studie zeigen, dass Österreich in der Länderreihung in Bezug auf die naturwissenschaftliche Kompetenz der SchülerInnen seit 2006 nach hinten gefallen ist. Außerdem wird der Unterricht in den Naturwissenschaften von den SchülerInnen als wenig adaptiv wahrgenommen (Salchegger et al. 2016).

Diagnosekompetenz wird als Basis für adaptiven Unterricht identifiziert (Fischer et al. 2014) und scheint zu höheren Leistungen der SchülerInnen beizutragen (Helmke 2009). Zudem wird Diagnosekompetenz als Bestandteil professioneller Kompetenz von Lehrkräften gesehen (Jäger 2009) und gilt als eine Voraussetzung für qualitativ hochwertigen Unterricht. Daher ist es umso wichtiger, die Förderung der Diagnosekompetenz bereits im Lehramtsstudium zu verankern (von Aufschnaiter et al. 2015), um in weiterer Folge dadurch die Qualität von Physikunterricht zu fördern.

Die Berücksichtigung von Schülervorstellungen, beispielsweise als ein Kern der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997), spielt eine wesentliche Rolle für die Gestaltung von Lernumgebungen in Physik. Außerdem ist die Vermittlung von Schülervorstellungen und der Umgang mit diesen ein elementares Thema in der physikdidaktischen Lehre. Daher konzentriert sich das vorliegende Projekt auf die Förderung der Entwicklung diagnostischer Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden in Bezug auf Schülervorstellungen.

Theoretisches Rahmenmodell für die Entwicklung einer Lernumgebung zur Förderung der Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden

Das Diagnoseprozessmodell zum Lernverhalten von SchülerInnen von Klug et al. (2013) stellt – adaptiert auf die Diagnose von Schülervorstellungen – die Grundlage der Entwicklung der Lernumgebung dar (siehe Abb.1).

Grundsätzlich besteht dieses Modell aus drei sich wiederholenden Phasen, in welchen wesentliche Aspekte von Diagnose zu Schülervorstellungen im Unterrichtsprozess beschrieben werden:

Die **Actional-Phase,** welche das direkte Handeln im Unterricht umfasst. Das kontinuierliche Sammeln von Informationen (in Bezug auf Schülervorstellungen) sowie Noticing (Sherin et al. 2010) und das darauf abgestimmte aktive Handlungen-Setzen sind Kernpunkte dieser Phase.

Die **Post-Actional-Phase**, die den Nachbereitungs- und Reflexionsprozess beschreibt, umfasst u.a. die Identifikation von zentralen Verständnisproblemen sowie inhaltlichen Anknüpfungspunkten in Bezug auf fachliches, konzeptuelles Lernen der SchülerInnen.

In der **Pre-Actional-Phase** wird – unter Einbezug von relevanten Schülervorstellungen – die Unterrichtsplanung, inklusive einer Zielsetzung eines konkreten Diagnosefokus und der Diagnosemethode, durchgeführt.

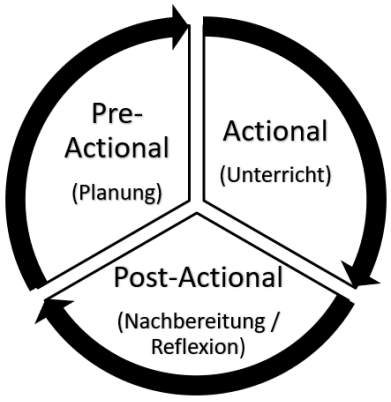


Abb. 1: Diagnose von Schülervorstellungen im Unterrichtsprozess (adaptiert nach Klug et al. 2013)

Beschreibung der ersten Version der Lernumgebung

Das Entwicklungs- und Untersuchungsdesign dieser Lernumgebung zu Diagnose von Schülervorstellungen folgt einem Design-Based Research Ansatz (Barab und Squire 2004).

Die Lernumgebung wird für ein Fachdidaktik-Seminar (2 EC) des 5.-6. Semesters des Bachelor-Lehramtsstudiums Physik entwickelt. Das Seminar findet parallel zu einem Schulpraktikum (3 EC), in welchem die Studierenden Hospitationen und Unterrichtsauftritte absolvieren, statt. Innerhalb der Lernumgebung erledigen die Studierenden unterschiedliche Aufgabenstellungen, auch im Zusammenhang mit dem Schulpraktikum. Kern der Lernumgebung sind Trainings-Video-Vignetten (Rath 2017). In diesen Trainings-Video-Vignetten ist die Diskussion einer Gruppe von SchülerInnen zu sehen, die ein FCI-Item diskursiv lösen soll. Inhaltlich umfassen die Trainings-Video-Vignetten den Inhaltsbereich der Mechanik, zu welchem die Studierenden in ihrem Studium bereits alle curricularen Lerngelegenheiten, sowohl in den Fachdidaktik- als auch in den Fachlehrveranstaltungen, absolvierten.

Einsatz der Trainings-Video-Vignetten

Der Einsatz der Trainings-Video-Vignetten folgte im Prinzip immer demselben Ablauf (siehe Abb.2).

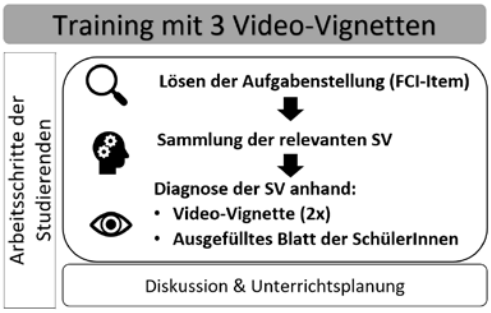


Abb. 2: Einsatz der Trainings-Video-Vignetten

Insgesamt wurden drei Video-Vignetten nach folgendem Schema eingesetzt:

Zuerst mussten die Studierenden die Aufgabenstellung der SchülerInnen aus dem Video bearbeiten – also ein FCI-Item lösen und fachlich klären. Danach sollten sie relevante Schülervorstellungen (SV) sammeln, die bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung bei den SchülerInnen potentiell auftreten könnten. Anschließend wurde den Studierenden die Video-Vignette mit dem Lösungsprozess der SchülerInnen zweimal gezeigt. Außerdem erhielten die Studierenden das ausgefüllte Arbeitsblatt der SchülerInnen. Anhand der Video-Vignette und des Schülerarbeitsblatts sollten die Studierenden in der Vignette auftretende Schülervorstellungen identifizieren. Konkret mussten die Studierenden die Aussagen der SchülerInnen sowie die daraus abgeleiteten Schülervorstellungen notieren. Anschließend wurde in Gruppen über die diagnostizierten Schülervorstellungen diskutiert und die Gestaltung des weiteren Unterrichts unter Einbezug der relevanten Schülervorstellungen geplant. Die einzelnen Schritte des Einsatzes der Trainings-Video-Vignetten spiegeln sich im oben beschriebenen Ablaufmodell (Abb. 1) wider.

Ausgewählte Forschungsfrage und Untersuchungsdesign

Ein Ziel der ersten Erprobung der Lernumgebung, die in einem Fachdidaktik Seminar mit 14 TeilnehmerInnen im 6. Semester des Bachelor-Lehramtsstudiums Physik stattfand, war herauszufinden, welche Probleme beim Lernprozess zu Diagnose von Schülervorstellungen durch den Einsatz der Video-Vignetten auftreten.

Um dieser Fragestellung nachzugehen wurden sowohl die Studierendenarbeitsblätter, die bei dem Einsatz der drei Trainings-Video-Vignetten bearbeitet wurden, als auch jene der Prä-Post Video-Vignette mittels der rekonstruktiven Methode der Dichte-Beschreibung nach Geertz (1987) analysiert. Diese Art der Analyse eignete sich u. E. für das Ziel hervorragend, da aufgrund ihres Ursprungs in der Ethnologie, bei der Anwendung der Dichte-Beschreibung

erlaubt ist, Bedeutungszuordnungen zu konkreten Beschreibungen aus der ForscherInnensicht zu tätigen und didaktische Interpretationen vorzunehmen (Angele 2015). Insgesamt wurden drei Fallanalysen durchgeführt, wobei in diesem Beitrag konkrete Ergebnisse zu einem Fall vorgestellt werden.

Ergebnisse der 1. Erprobung – Fall A

Konkret wird hier das Ergebnis der Analyse der Studierendenarbeitsblätter zur Prä-Post Video-Vignette sowie den Trainings-Video-Vignetten vorgestellt. Die Falldarstellung folgt dem chronologischen Erhebungsablauf: Zu Beginn werden Ergebnisse zur Analyse der Daten zur Prä-Video-Vignette dargestellt, es folgt eine zusammenfassende Darstellung der Analyse zu den Trainings-Video-Vignetten, gefolgt von den Ergebnissen der Post-Video-Vignette. Die Beschreibung der Ergebnisse orientiert sich in allen drei Abschnitten an den in Abb. 2 dargestellten ersten drei Schritten.

Die Schüleraufgabenstellung (FCI-Item) der Prä-Video-Vignette wurde von Fall A fachlich nicht angemessen gelöst. Es wurde von den fünf Antwortmöglichkeiten eine falsche Antwort ausgewählt und eine physikalisch inadäquate Erklärung gegeben. Bei der Sammlung der relevanten Schülervorstellungen nennt Fall A nur eine weitere, andere falsche Antwortmöglichkeit des FCI-Items und keine konkreten Schülervorstellungen. Bei der Betrachtung des Videos werden zwei Formulierungen zu ein und derselben Schülervorstellung angeführt. Hierzu sei angemerkt, dass Formulierungen, in denen ein deutlicher Objektivierungsschritt vollzogen wurde, im Vergleich zu einer Replikation von Schüleraussagen, als genannte Schülervorstellung bezeichnet werden. Die beiden Formulierungen wurden nicht mit getätigten Schüleraussagen aus dem Video verknüpft.

Innerhalb der Intervention mit den Trainings-Video-Vignetten ist ein deutlicher Lernfortschritt bzgl. der Sammlung von relevanten Schülervorstellungen bei Fall A zu erkennen: Es werden mehrere mögliche relevante Schülervorstellungen genannt und klarer formuliert. Fachlich löst Fall A alle drei Aufgaben richtig, jedoch wird fachliche Unsicherheit signalisiert. In den Trainings-Video-Vignetten werden Schüleraussagen von Fall A identifiziert, jedoch fehlen Verknüpfungen zu Schülervorstellungen oder es werden sogar inadäquate Zuordnungen getätigt, die sich auf mangelndes Fachwissen zurückführen lassen.

Die Post Video-Vignette löst Fall A richtig. Die Sammlung der Schülervorstellungen umfasst zwei Formulierungen nahe an der Aufgabenstellung und eine dazu passende Schülervorstellung. Zum Video werden zwei Schüleraussagen genannt, diese werden jedoch nicht mit Schülervorstellungen verknüpft.

Fall A scheint zu Beginn der Intervention kein adäquates aufgaben-spezifisches Fachwissen und vermutlich zu wenig fachdidaktisches Wissen zu besitzen. Das führt vermutlich im Diagnoseprozess bei der Sammlung der Schülervorstellungen zur Anwendung eines Ausschlussverfahrens der möglichen vorgegebenen Antworten der Schüleraufgabenstellung. Die Verknüpfung von Schüleraussagen und Schülervorstellungen stellt offensichtlich eine große Hürde dar. Allgemein wird ein Lernfortschritt vor allem im Bereich der Nennung relevanter Schülervorstellungen sichtbar.

Grundsätzlich finden sich in den Daten deutliche Hinweise, dass ein adäquates aufgaben-spezifisches Fachwissen eine wichtige Rolle beim Sammeln von relevanten Schülervorstellungen sowie bei der Verknüpfung von Schüleraussagen und Schülervorstellungen zu spielen scheint.

Ausblick

Im nächsten Design-Zyklus wurden in die Lernumgebung weitere Elemente implementiert, um das Fachwissen der Studierenden zu stärken und die Fähigkeit zu fördern, Schüleraussagen in Bezug auf mögliche dahinterliegende Schülervorstellungen zu interpretieren.

Literatur

Angele, C. (2015): Ethnographie des Unterrichtsgesprächs. Ein Beitrag zur Analyse von Unterrichtsgesprächen über Differenz als Alltagserfahrung. Münster: Waxmann Verlag (Internationale Hochschulschriften, 626).

Barab, S.; Squire, K. (2004): Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. In: Journal of the Learning Sciences 13 (1), S. 1–14.

Fischer, C.; Veber, M.; Rott, D. (2014): Adaptive Lehrkompetenz und pädagogische Haltung. In: Ewald Kiel, Ilona Esslinger-Hinz und Kurt Reusser (Hg.): Thementeil: Allgemeine Didaktik für eine inklusive Schule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren (Jahrbuch für Allgemeine Didaktik, 2014), S. 16–34.

Geertz, C. (1987): Dichte Beschreibung. Beiträge zum Verstehen kultureller Systeme. 13. Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Helmke, A. (2009): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. 1. Aufl. Stuttgart: Klett [u.a.].

Jäger, R. S. (2009): Diagnostische Kompetenz und Urteilsbildung als Element von Lehrprofessionalität. In: Olga Zlatkin-Troitschanskaia (Hg.): Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung. Weinheim: Beltz (Beltz-Bibliothek), S. 105–116.

Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H.; Komorek, M. (1997): Das Modell der didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3 (3), S. 3–18.

Klug, J.; Bruder, S.; Kelava, A.; Spiel, C.; Schmitz, B. (2013): Diagnostic competence of teachers: A process model that accounts for diagnosing learning behavior tested by means of a case scenario. In: Teaching and Teacher Education 30, S. 38–46.

Rath, V. (2017): Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik. Berlin: Logos Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 220).

Salchegger, S.; Wallner-Paschon, C.; Schmich, J.; Höller, I. (2016): Kompetenzentwicklung im Kontext individueller, schulischer und familiärer Faktoren. In: Birgit Suchań und Simone Breit (Hg.): PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Graz: Leykam, S. 77–100.

Sherin, M. G.; Jacobs, V. R.; Philipp, R. A. (2010): Mathematics Teacher Noticing: Routledge.

von Aufschnaiter, C.; Cappell, J.; Dübbelde, G.; Ennemoser, M.; Mayer, J.; Stiensmeier-Pelster, J.; Sträßer, R.; Wolgast, A. (2015): Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. In: Zeitschrift für Pädagogik 61 (5), S. 738–758.

Sandra Stegemann Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Das ist nicht umsetzbar! – Diagnostizieren im Praxissemester

Diagnostische Fähigkeiten werden als grundlegend für erfolgreiches Lehrerhandeln angesehen, da sie als Voraussetzung für verschiedene pädagogische Handlungen und Entscheidungen dienen (Weinert, 2000; Ingenkamp & Lissmann, 2008). Eine frühzeitige Förderung diagnostischer Fähigkeiten in der Lehrerausbildung erhält daher eine besondere Bedeutung. Folgerichtig finden sich entsprechende Kompetenzerwartungen in den curricularen Vorgaben für die Lehrerausbildung wieder, welche explizit die Förderung (sachunterrichtsbezogener) diagnostischer Fähigkeiten im Studium sowie im Vorbereitungsdienst anlegen (vgl. MSW, 2010; MSW, 2016; GDSU, 2019). Gemäß der Kompetenz- und Standardbeschreibungen für den Lernort Schule sollen Studierende im Praxissemester diagnostische Tätigkeiten ausführen, die sowohl Komponenten des formativen und des summativen Assessments aufweisen (Harlen, 2013).

Im Fokus: formatives und summatives Assessment im Praxissemester

Der Erwerb von Fähigkeiten zur Durchführung formativen Assessments wird in der Rahmenkonzeption zum Praxissemester NRW wie folgt berücksichtigt (MSW, 2010, S. 21):

Tab. 1: Auszug aus den Kompetenzen und Standards für den Lernort Schule, Rahmenkonzeption – Komponenten des formativen Assessments

Kompetenzen Die Studierenden zeigen die Fähigkeiten, …	Standards Die Studierenden …
Lernvoraussetzungen und Lernprozesse von SuS zu beschreiben und in Ansätzen zu diagnostizieren.	nutzen einzelne Instrumente der Diagnostik.
	greifen auf Wissen über den Umgang mit Heterogenität zurück und nehmen Heterogenität und die Aufgabe der Unterstützung zur individuellen Entwicklung wahr.

Die Kompetenzformulierung mit den zugehörigen Standards umfasst alle Komponenten des formativen Assessments (Harlen, 2013): Studierende sollen den Lernstand und die Lernprozesse der SchülerInnen erheben und auswerten und auf dieser Grundlage Entscheidungen für weitere Lernschritte treffen, die in einer Planung von Lernaktivitäten münden. Diagnose geschieht hier unter der Zielperspektive, Lernen zu ermöglichen und zu optimieren.

Diagnose im Kontext des summativen Assessements erfolgt unter der Zielperspektive, den Lernzuwachs am Ende eines Lernabschnittes oder einer Lerneinheit festzustellen und die von den SchülerInnen erbrachten Leistungen zu bilanzieren. Aus dem Ergebnis ergeben sich nicht zwangsläufig Förderabsichten, sondern hier steht die Messung von Leistungsständen im Vordergrund.

Die Kompetenz mit den zugehörigen Standards aus der Rahmenkonzeption, die dem summativen Assessment zuzuordnen ist, befindet sich in Tabelle 2 (MSW, 2010, S. 21):

Tab. 2: Auszug aus den Kompetenzen und Standards für den Lernort Schule, Rahmenkonzeption (MSW, 2010, S. 21) – Komponenten des summativen Assessments

Kompetenzen Die Studierenden zeigen die Fähigkeiten, …	Standards Die Studierenden …
Lern- und Leistungssituationen zu unterscheiden sowie fachspezifische Formen der Leistungsfeststellung und Leistungsbeurteilung zu erproben.	erstellen die lehrplankonformen Aufgaben für eine schriftliche Arbeit und korrigieren diese.
	beurteilen in ersten Versuchen Leistungen der sonstigen Mitarbeit.
	prüfen bei der Beurteilung das Spannungsverhältnis von Standardorientierung und anderen Bezugsnormen.

Ziel – Studiendesign - Forschungsfragen

Das vorliegende Projekt fokussiert die Kompetenzen und Standards mit Bezug auf Diagnostik, welche Sachunterrichtsstudierende im Kontext des Praxissemesters[1] am Lernort Schule erwerben sollen (MSW, 2010, S. 21/22). Ziel des Projektes ist die Identifikation von Lerngelegenheiten im Sachunterricht, in denen sich die in den Kompetenzen und Standards abgebildeten diagnostischen Fähigkeiten fördern lassen. Derzeit ist noch wenig bekannt darüber, welche Lerngelegenheiten im Sachunterricht am Lernort Schule zum Erwerb diagnostischer Fähigkeiten bereits implementiert bzw. welche Lerngelegenheiten unter den Rahmenbedingungen im Sachunterricht überhaupt möglich sind (König et al., 2014). Hierzu sind AusbilderInnen (Fachleitungen, betreuende Lehrkräfte) unter anderem hinsichtlich der Umsetzbarkeit und Relevanz der im Ausbildungscurriculum festgelegten Standards interviewt worden. Es sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

FF1: Welche Handlungssituationen für Sachunterrichtsstudierende zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten im Kontext des Praxissemesters werden von Fachleitungen und Lehrkräften als relevant und umsetzbar angesehen?
FF2: Welche Bedingungen führen zu diesen Einschätzungen?

Die Auswertung der Aussagen erfolgte über die qualitative Inhaltsanalyse via fokussierte Zusammenfassung (Kuckartz, 2015). Die Zusammenfassungen wurden kategorisiert und im im Zuge einer kommunikativen Validierung (Steinke, 2013) an die Befragten zurückgegeben.

Ausgewählte Ergebnisse der kommunikativen Validierung

Summatives Assessment: Einschätzungen zur Umsetzbarkeit der Standards (FF1) und Bedingungen für die Umsetzbarkeit (FF2)
Alle vier Fachleitungen bewerten die Förderung von Fähigkeiten im Kontext des summativen Assessements im Praxissemester als nicht bzw. wenig umsetzbar (FF1). Hierbei werden folgende Bedingungen (FF2) aufgeführt:

- *Stellenwert der Diagnostik in der sachunterrichtlichen Schulpraxis*: Die Fachleitungen teilen die Meinung, dass die Leistungsbewertung in der gängigen Sachunterrichtspraxis eher vernachlässigt wird und somit Studierende in den Schulen weniger Lerngelegenheiten erhalten.
- *zeitliche Ressourcen:* Die in den Betreuungsformaten zur Verfügung stehende Zeit reicht nicht aus, um Studierende an die Leistungsbewertung heranzuführen (FL 3, 4).

[1] Praxissemester = Langzeitpraktikum in Nordrhein-Westfalen (NRW), verortet im zweiten Mastersemester

- *tatsächliche Lernbedarfe der Studierenden*: Die Studierenden besitzen andere *Lernbedarfe*, z.B. planen Studierende nach Einschätzungen der Fachleitungen ihren Unterricht eher vom Material aus (FL 1,2,4).

Die Lehrkräfte bewerten die Umsetzbarkeit des summativen Assessements generell auch als nicht gegeben. Folgende Bedingungen (FF2) führen zu dieser Einschätzung:

- *zeitliche Ressourcen*: Die Leistungsbewertung kann nur in enger Absprache mit den MentorInnen erfolgen. Die vorgesehenen Beratungszeiten sind zu gering.
- *Komplexität der Anforderungen*: In die Notenfindung fließen zu viele Faktoren ein, die berücksichtigt werden müssen.
- *fehlende Kenntnisse über die Lerngruppe*: Die Studierenden müssten die SchülerInnen - wie im Vorbereitungsdienst - mehrere Unterrichtsreihen begleiten, um die Lernvoraussetzungen einschätzen zu können (LK 2,3).

Summatives Assessment: Einschätzungen zur Relevanz der Standards (FF1)
Fachleitungen sowie Lehrkräfte erwarten zu diesem Zeitpunkt der Ausbildung nicht, dass Studierende Leistungen von SchülerInnen beurteilen. Somit wird die Leistungsbewertung in diesem Ausbildungsabschnitt als weniger relevant eingeschätzt und sollte eher im Rahmen der zweiten Ausbildungsphase fokussiert werden (FL 1,2,3,4, LK 2,3).

Formatives Assessment: Einschätzungen zur Relevanz der Standards (FF1) und Bedingungen für die Relevanz (FF2)
Im Gegensatz dazu schätzen die Fachleitungen die Standards im Kontext des formativen Assessments als relevant ein. Sie begründen dies damit, dass das formative Assessment die Grundlage für das summative Assessment bildet: Leistungen müssen zunächst gefördert werden, damit diese anschließend bewertet und beurteilt werden können (*„[…] man sollte das Pferd nicht von hinten aufzäumen“* (FL 4)). Hierbei wird insbesondere der Standard „Studierende nutzen einzelne Instrumente der Diagnostik“ als relevant eingeschätzt. Die Begründung bezieht sich auf den besonderen Lernbedarf der Studierenden: Es zeigt sich, dass Studierende Schwierigkeiten haben, Diagnoseinstrumente sach- und zielgerichtet auszuwählen (FL 1,2,3,4).

Formatives Assessment: Einschätzungen zur Umsetzbarkeit der Standards (FF1) und Bedingungen für ihre Relevanz (FF2)
Die Umsetzbarkeit des Standards in der Schulpraxis wird von allen AusbilderInnen positiv bewertet, da die Erhebung auch *unabhängig von der Sachunterrichtspraxis* stattfinden kann. Zudem können Studierende sich auf wenige SchülerInnen fokussieren, d.h. die *Komplexität der Anforderungen* wird gering gehalten.

Als Einschränkungen in der Umsetzbarkeit benennen beide Akteursgruppen jedoch spezifische *Herausforderungen des Faches Sachunterrichts*: Diagnostik im Fach Sachunterricht wird als deutlich anspruchsvoller angesehen, als Diagnostik in den Fächern Mathematik und Deutsch. Dies wird mit den unterschiedlichen Fachperspektiven begründet, die für sich zum Teil unterschiedliche diagnostische Zugänge benötigen. Im Fach Sachunterricht fehlt ein leicht zugänglicher systematischer Überblick (FL 1,2,4; LK 2,3). In diesem Zusammenhang verweisen sie auf die notwendige *Verknüpfung der Lernorte über anschlussfähiges Grundlagenwissen als Bedingung für die Umsetzbarkeit* (FL 1,2,3,4; LK 2,3): die Universität sollte die notwendigen Grundlagen bereitstellen (Wissen über Diagnoseinstrumente; gezielte Arbeitsaufträge für die Praxis). (FL 1,2,3,4; LK 2,3).

Literatur

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). (2019). *Qualitätsrahmen Lehrerbildung Sachunterricht und seine Didaktik im Kontext der universitären Ausbildungsphase*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Harlen, W. (2013*). Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Trieste: Global Network of Science Academies & Science Education Programme

Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik. 6., neu ausgestattete Aufl. Beltz Pädagogik. Weinheim: Beltz**.**

König, J., Tachtsoglou, S., Darge, K. & Lünnemann, M. (2014). Zur Nutzung von Praxis: Modellierung und Validierung lernprozessbezogener Tätigkeiten von angehenden Lehrkräften im Rahmen ihrer schulpraktischen Ausbildung. *Zeitschrift für Bildungsforschung, 4(1),* 3-22

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2010). *Rahmenkonzeption zur strukturellen und inhaltlichen Ausgestaltung des Praxissemesters im lehramtsbezogenen Masterstudiengang.* Aufgerufen über: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/LehrkraftNRW/Lehramtsstudium/Reform-der-Lehrerausbildung/Wege-der-Reform/Endfassung_Rahmenkonzept_Praxissemester_14042010.pdf [Zugriff: 01.10.2019]

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2016). *Kerncurriculum für die Ausbildung im Vorbereitungsdienst für Lehrämter in den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung und in den Ausbildungsschulen*. Aufgerufen über: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Lehrer/Lehrkraft-werden/Vorbereitungsdienst/Kerncurriculum.pdf [Zugriff: 01.10.2019]

Steinke, I. (2013). Gütekriterien in der qualitativen Forschung. In: Flick, U. et al. (Hrsg.). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 319-331). Reinbek b. Hamburg: Rohwolt Taschenbuch

Weinert, F. E. (2000). *Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule*: Vortrag, gehalten am 29.2.2000 im Pädagogischen Zentrum Rheinland-Pfalz in Bad Kreuznach. Sonderdruck. Pädagogische Nachrichten. 2000,2. Bad Kreuznach: PZ.

Clemens Milker TU Dresden

Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehrer*innenbildung

Motivation

Spätestens mit der Umsetzung der UN-BRK rückte die Diagnostik abseits der Fachkontroversen pädagogischer Psychologie (Wilhelm & Kunina-Habenicht, 2015) oder Sonderpädagogik auch in den Fokus fachdidaktischer Forschung. Inzwischen ist die diagnostische Kompetenz als didaktische Schlüsselkompetenz etabliert (Schäfer & Rittmeyer, 2015). Hierbei geht es um eine Erweiterung des Begriffs, sodass im Verantwortungsbereich der Lehrkräfte nicht nur die reine Einschätzung domänenspezifischer Kenntnisse und Kompetenzen liegt, sondern auch das Fördern eines ganzheitlichen Verständnisses der Perspektive *des/der* Lernenden. Dass das didaktische Interesse an einer allumfassenden Diagnostik aber nur in direktem Zusammenhang mit der Inklusion (nach den ungleich betonten Differenzlinien der UN-BRK) steht, ist auf ein irrtümliches und zu enges Bild von (Förder-)Diagnostik zurückzuführen. Dieser Artikel betont die unabdingbare Relevanz einer Diagnostik im Sinne einer verstehenden Perspektive (Langner & Jugel, 2019), deren Beachtung Mehrwert in *allen* Lehr- und Lernsettings finden muss. Die Förderung diagnostischer Kompetenzen muss Kernaufgabe der Lehramtsausbildung sein. Im Projekt *SING* (Schule inklusiv gestalten) wurden die individualisierte Diagnostik als zentrale Gelingensbedingung inklusiven Unterrichts identifiziert und verschiedene Seminarkonzepte als kompetenzfördernde Intervention entwickelt. Folgend wird verdeutlicht, wie in partizipativen Lehrkonzepten Studierende für Diagnostik sensibilisiert und geschult werden.

Seminarkonzept

Innerhalb der Chemiedidaktik konnte die Komplexität der Aufgabe, für Heterogenität und Diagnostik zu sensibilisieren, angedeutet werden (u.a. Tolsdorf & Markic, 2018; Tolsdorf et. al., 2018). Herausfordernd ist dabei, Seminarkonzepte, die die subjektorientierte Diagnostik in den Vordergrund stellen (Langner & Jugel, 2019), für die Fachdidaktik anschlussfähig zu gestalten. Das vorzustellende Forschungsseminar basiert auf Theorie, Design und Auswertung von Diagnostik. Durch die ständige Anwesenheit eines Sonderpädagogen konnten alle Aspekte inklusiven Unterrichts interdisziplinär betrachtet werden. Das hilft besonders bei der ständigen Aushandlung zwischen Subjekt- und Objektperspektive (die keineswegs dichotom aufgefasst werden müssen, sondern ferner stets abwechselnd und ineinander übergreifend als Dominante für Reflexions- und Planungsprozesse dienen sollen). Die theoretische Seminarphase ist in ihrer Relevanz für eine subjektorientierte Diagnostik kaum zu überschätzen. Sie fängt die Studierenden mit ihren unterschiedlichen (zum Teil emotional aufgeladenen) Vorerfahrungen auf und sensibilisiert sie für den von uns intendierten Zugang, Inklusion entlang aller Differenzlinien als ganzheitliche Aufgabe zu verstehen. Grundlagen aus der Kulturhistorischen Schule und den Synthetischen Humanwissenschaften verdeutlichen die Bedeutung einer prozessorientierten Diagnostik, die Unterricht auf isolierende Bedingungen untersucht und Lernen als zwingend dialogisch versteht. Außerdem leiten sie an der Biosozialität des Gehirns (Relevanz von

Erfahrungen für die Entwicklung) die Bedeutung von Emotionen für den Lernprozess ab (Steffens, 2019a; Steffens, 2019b). Die entwicklungspsychologische Bestätigung von Ideen der Inklusion unterstützt bei den Studierenden eine Auseinandersetzung mit ihren eigenen beliefs. Unter Pädagog*innen wird die UN-BRK schließlich nicht selten als Last erachtet, resultierte sie doch aus menschenrechtlichen und nicht bildungspolitischen Betrachtungen (Heinrich & te Poel, 2018). Das Design einer Diagnostischen Lernumgebung (DLU) (Ritter et. al., 2019) geschieht dabei in enger Kooperation mit Sonder- und Medienpädagogik wie der Chemie- sowie angrenzenden Didaktiken (so etwa Deutschdidaktik als Ratgeber für das Abbilden fachsprachlicher Kompetenzen). Die DLU gleicht einem projektähnlichen Schulunterricht und wird mit bekannten Methoden der qualitativen Datenerhebung explorativ analysiert. In einem anschließenden Seminar wird ein Klassenportfolio erstellt und anhand dieser hochkomplexen Beziehungsgefüge weiterer Unterricht geplant.

Lieber mehr diagnostische Kompetenz an den Schulen als diagnostische Tests

Innerhalb der Schule sollten mehr diagnostische Methoden eingesetzt werden als der (benotete) Test. Das Seminar avisiert ein breiteres Verständnis über Anwendungsmöglichkeiten, Relativität und Leitlinien der Auswertung ebenjener. Nach der theoretischen Einführung clustern die Studierenden, was sie genau in einer Klasse für erfahrenswert halten. Dabei spielen nicht nur bekannte fachdidaktischer (Basiskonzepte, Fachsprache) Aspekte, sondern auch pädagogisch-psychologische Dimensionen (Kompensations- und Isolationsverhalten, Bindungssituation) eine Rolle. Elemente einer DLU werden dann jeweils an dem Cluster gespiegelt, sodass beide Perspektiven miteinander verbunden werden können: z.B. durch ein Kartenspiel, bei dem die Kinder in Teams (Potential pädagogischer Diagnostik) um das schnellere Erklären chemischer Fachbegriffe (Potential fachdidaktischer Diagnostik) spielen. Die Diagnostik hat sich dabei folgenden Ansprüchen, hergeleitet aus verschiedener Disziplinen Verständnis der Aufgabe, zu unterwerfen:

- Vermeidung einer defizitorientierten Sicht zugunsten einer ressourcenorientierten Perspektive (Lanwer, 2006): Lernziele können sich nur auf Basis Vygotskijs Zone der aktuellen Entwicklung (Ziemen, 2018) verwirklichen lassen, unabhängig davon, welche Kompetenzen das Individuum angesichts normativ gesetzter Rahmen haben sollte. Menschen sollten nicht auf ihren Grad der Abweichung von der vermeintlichen Norm reduziert werden, sondern als eigenes Wesen anerkannt werden.
- Veränderungsannahme: Entwicklung kann sich immer vollziehen und kein Status muss final sein (Lanwer, 2006). Diese Erkenntnis, deren Ursprung in der Sonderpädagogik zu verorten ist, erhält natürlich auch in Schule, in denen Kindern als ´hoffnungslosen Fällen´ Entwicklungspotential abgesprochen wird, erhöhte Relevanz.
- Jedes Verhalten geschieht aus einer subjektiv empfundenen Sinnhaftigkeit. Hierbei sollte das tradierte Bild von (Unterrichts)störungen und ´Abnormalität´ neu ausgehandelt werden. Somit ist Verhalten nur zu verstehen, wenn man den Menschen in seiner Umwelt beobachtet und als Einheit von biologischen, sozialen und psychologischen Faktoren versteht (Lanwer, 2006).
- Eine inklusive Diagnostik muss meinem Begriffsverständnis nach *allen* Schüler*innen einer Klasse gerecht werden können. Mehrwissen über das Kind ist hierbei im-

mer sinnvoll und kann seine didaktische Anwendung finden. Bei der Klassendiagnostik kann dabei explorativ vorgegangen werden, um nicht in den Zwang zu geraten, ein Raster flächendeckend ausfüllen zu müssen. Dieser Ansatz ist freilich mit der klassisch fachdidaktischen Testdiagnostik nicht zu vereinbaren und schulreale und praktikable Ansätze müssen gefunden werden. Selbiges gilt auch für die hierbei entstehende Masse diagnostischer Daten.
- Eine Orientierung der Interpretation gibt die *rehistorisierende Diagnostik* (Jantzen, 2003). Sie ist die logische Konsequenz der o.g. Theorien und bezieht biographisch-soziokulturelle Betrachtungen in das Verstehen von Verhalten ein. Dies soll deutlich niedrigschwelliger als in der Sonderpädagogik praktiziert werden, gewährt aber dennoch einen verstehenderen und weniger richtenden Blick auf das Individuum.
Das Auswerten der Daten ist das die Studierendenmotivation markant beeinflussende Moment. Sobald das Seminar ähnlich einer kollegialen Fallberatung über Schlüsselszenen diskutiert, entstehen bereits Bindungsstrukturen zu den Kindern - das wirkt sich auf Präsenz und Mitarbeit aus und ist angesichts des erhöhten Workloads eines Forschungsseminars essentiell. Ausgewertet werden die diagnostischen Daten mit dem *Didaktischen Dreischritt*, der auf dem *„Pädagogischen Vierschritt"* (eigentlich: *Abfolge eines diagnostischen Gutachtens*, Lanwer, 2006, S. 91) beruht und auf die schulische Situation angepasst wurde.
- Erkennen: Signifikant erachtete Beobachtungen sind hochindividuell und abhängig vom Wissensspeicher (vgl. einen Überblick der Methode in: de Boer & Reh, 2012). Betrachtet man den Blick aufs Handy als Kompensationsmechanismus (Steffens, 2019b) oder unterrichtsrelevante Informationsbeschaffung, ist es anders konnotiert als eine scheinbar erkannte Unaufmerksamkeit.
- Verstehen: Unter Benutzung der Termini der vorher vermittelten Theorie gilt es, das beobachtete Verhalten zu verstehen. Die generierten Hypothesen sollen hierbei stets mit dem Kind arbeiten – die verstehende Diagnostik hat nicht den Anspruch, objektiv zu sein, sondern versteht Verhalten hochgradig subjektorientiert.
- Didaktische Konsequenz: Konkrete, entwicklungs- oder bindungsfördernde Handlungsanweisungen sollen anhand des theoretisch erklärten und subjektiv nachvollzogenen Verhaltens Entwicklung individualisiert fördern. Umgewandelt wurde hierbei die *pädagogische* in eine *didaktische* Konsequenz, da die Handlungsempfehlungen komplex und didaktisch-pädagogisch fundiertes Handlungswissen erfordern. Die pädagogische Empfehlung *sicherer Räume für Bindungsaufbau* ist zwar relevant doch ohne Ansätzen praktischer Umsetzung für Lehrer*innen impraktikabel.

Indikator einer Diagnostischen Kompetenz und Seminarziel ist das implizite Verinnerlichen und Anwenden der Schritte. *Jeder* Unterricht würde dann als neue Beobachtungssituation verstanden und die Thesen prozessbegleitend reevaluiert. Auf Grund des durch andere Wissenschaften und Praktiken stark vereinnahmten Begriffes der Diagnostik appellieren wir für eine neue Begriffsfindung, die die pädagogisch avisierte und händelbare Praxis von anderen Professionen abgrenzt (Ansätze einer geschärften professionstheoretischen Rahmung liefern: Schäfer & Rittmeyer, 2015).

Danksagung
Dank gilt dem BMBF für die Förderung des Projekts SING.

Literatur

De Boer, H. & Reh, S. (Eds.) (2012). Beobachtung in der Schule – Beobachten lernen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Heinrich, M. & te Poel, K. (2018). Integration durch Leistung als „Inklusionsfalle". Governanceanalytische Konsequenzen eines nicht-inklusiven Bildungsmonitorings zur Evaluation der Umsetzung der UN-BRK. In M. Walm, T. Häcker, F. Radisch & A. Krüger (Eds.), Empirisch-pädagogische Forschung in inklusiven Zeiten. Konzeptualisierung, Professionalisierung, Systementwicklung. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 253-268

Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber, J. Hellmer & F. Schneider (Eds.), Forschendes Lernen im Studium. Aktuelle Konzepte und Erfahrungen. Bielefeld: UVW, 9-25

Jantzen, W. (2003). Rehistorisierende Diagnostik: Verstehende Diagnostik braucht Erklärungswissen. In G. Ricken (Ed.), Diagnose: Sonderpädagogischer Förderbedarf. Lengerich: Pabst Science Publ, 83–105

Langner, A. & Jugel, D. (2019). Ohne Verstehen kein pädagogisches Handeln - Diagnostik im Kontext von Inklusion. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung. Wiesbaden: Springer VS, 133–150

Lanwer, W. (2006). Diagnostik. Methoden in Heilpädagogik und Heilerziehungspflege. Troisdorf: Bildungsverl. EINS

Ritter, M., Steffens, J. & Jugel, D. (2019). Hochschuldidaktische Gedanken zur Seminarreihe „Inklusiver Unterricht in der Praxis". In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung. Wiesbaden: Springer VS, S. 21–31

Schäfer, H. & Rittmeyer, C. (2015). Inklusive Diagnostik. In H. Schäfer, C. Rittmeyer & B. Altenrichter (Eds.), Handbuch Inklusive Diagnostik. Weinheim, Basel: Beltz (Pädagogik), 103–130

Steffens, J. (2019a). Das Problem der Grenze. Intermediäre Räume zwischen psychischen und sozialen Systemen. Bremen: Dissertationsschrift

Steffens, J. (2019b). Der Mensch lernt nicht mit einem Gehirn, sondern mit vielen Gehirnen in Gesellschaft. (Neuro-)Psychologische Grundlagen für die Gestaltung inklusiven Unterrichts. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung. Wiesbaden: Springer VS, 31–76

Tolsdorf, Y. & Markic, S. (2018). Development and Changes in Student Teachers´ Knowledge Concerning Diagnostic in Chemistry Teaching - A Longitudinal Case Study. In EURASIA J. Math., Sci Tech. Ed 14 (12)

Tolsdorf, Y., Kousa, P., Markic, S. & Aksela, M. (2018). Learning to Teach at Heterogeneous and Diverse Chemistry Classes. Methods for University Chemistry Teacher Training Courses. In EURASIA J. Math., Sci Tech. Ed 14 (10)

Wilhelm, O. & Kunina-Habenicht, O. (2015). Pädagogisch-psychologische Diagnostik. In E. Wild & J. Möller (Eds.), Pädagogische Psychologie. Heidelberg: Springer VS, 305-328

Ziemen, K. (2018). Didaktik und Inklusion. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht

Jana Heinze Universität Regensburg
Karsten Rincke

Wahrnehmung der Sprache in physikalischen Unterrichtserklärungen

Sprache und Fachunterricht

Um „Informationen sach- und fachgerecht erschließen und austauschen“ (KMK, 2004, S. 8) zu können, wie es der Kompetenzbereich Kommunikation in den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss vorsieht, ist „eine angemessene Sprech- und Schreibfähigkeit in der Alltags- und der Fachsprache“ (ebd., S. 11) Voraussetzung. Der Erwerb von Fachsprache ist dabei nicht von dem des Fachwissens trennbar (Schmölzer-Eibinger, 2013). Da jedes Fach seine eigene Fachsprache mit domänenspezifischen Begriffssystemen (Rincke, 2010) sowie eigene Kommunikationsformen besitzt, muss die Fachsprache in jedem Fach zum *Lerngegenstand* werden. (Michalak, Lemke & Goeke, 2015, Meyer & Tiedemann, 2017). Zudem ist Sprache auch das zentrale Medium (Schmölzer-Eibinger, 2013; Meyer & Tiedemann, 2017), in dem fachliche Lernprozesse stattfinden. Als *Lernmedium* hat die Sprache unabhängig von ihrer Realisationsform (mündlich oder schriftlich) eine kommunikative sowie eine kognitive Funktion. Sie dient als Kommunikationsmittel (kommunikativ), wenn es beispielsweise um die Vermittlung von Lerninhalten von einer Lehrkraft an Schüler*innen geht, und ist gleichzeitig Werkzeug des Denkens (kognitiv) beim kognitiven Wissensaufbau auf Seite der Schüler*innen. Hierbei dient sie der mentalen Rekonstruktion und Integration neuer Informationen in bestehende Wissensstrukturen. Bei fachlichen Lernprozessen lassen sich diese beiden Funktionen meist nicht voneinander trennen, da die zu lernenden Informationen zunächst übermittelt (kommunikativ), dann „gelernt“ (kognitiv) und anschließend in Form von Unterrichtsgesprächen oder Übungs- bzw. Prüfungsaufgaben überprüft (kommunikativ) werden müssen (Meyer & Tiedemann, 2017).

Die Rolle des Lernmediums bedingt gleichzeitig, dass Sprache auch eine *Lernvoraussetzung* darstellt. Wenn die Vermittlung von Fachwissen an Sprache gebunden ist, muss diese von den Schüler*innen insoweit beherrscht werden, dass sie den Ausführungen der Lehrkraft folgen und die Inhalte anschließend selbst wiedergeben können. Ist dies nicht der Fall, kann Sprache auch zum *Lernhindernis* werden (Meyer & Tiedemann, 2017).

Neben unzureichenden Sprachkompetenzen der Schüler*innen, die wiederum beispielsweise auf einem Migrationshintergrund (Gogolin & Duarte, 2016) oder einem geringen sozioökonomischen Status (Feilke, 2012) basieren können, können Verständnisschwierigkeiten auch auf die Unterschiedlichkeit zwischen Fachsprache und Alltagssprache der Lernenden zurückzuführen sein. Diese unterscheiden sich nicht nur auf Wortebene, sondern ebenso auf Satz- und Textebene sowie in ihrer Art der Kommunikation (vgl. Rincke & Markic, 2018).

Unabhängig von der Art der Realisation, die Sprache dichotom in phonisch (mündlich) und graphisch (schriftlich) trennt, lassen sich Fach- und Alltagssprache anhand ihres jeweiligen Stils als die zwei Enden eines Kontinuums auffassen, das Koch & Oesterreicher (1986, 1994, 2007) in ihrem Modell *Sprache der Nähe – Sprache der Distanz* als sprachliche Konzeption beschreiben. Das Modell liefert dieses Modell einen vielversprechenden Ansatz, die Sprachlichkeit zwischen Fach- und Alltagssprache unabhängig von der Verwendung von Fachbegriffen zu beschreiben und zu variieren.

Erklärungen bilden einen wichtigen Bestandteil des Unterrichts, wenn es darum geht, die Schüler*innen beim Wissensaufbau zu unterstützen (Treagust & Harrison, 2000; Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Die Sprache spielt hierbei vor allem in Zusammenhang mit der

Adressatenorientierung als Lernmedium eine bedeutende Rolle (Kulgemeyer & Riese, 2018; Kulgemeyer, 2018).
In Bezug auf das Erklären im Physikunterricht stellt sich die Frage, inwiefern sich eine sprachliche Variation von Erklärungen nach dem Modell von Koch & Oesterreicher auf die Einschätzung der Qualität von Erklärungen auswirkt.

Studiendesign und Stichprobe
In FALKE-Physik (Teilprojekt des interdisziplinären Projekts FALKE – **Fa**chspezifische **L**ehrer**k**ompetenz **E**rklären, BMBF gefördert im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung) wurden zu drei lehrplanrelevanten Fragestellungen aus Themenbereichen Elektrizitätslehre (E), Wärmelehre (W) und Mechanik (M) initiale Erklärung erstellt und videografiert. In Anlehnung an das Modell von Koch & Oesterreicher (1986) wurden pro Thema je eine nähesprachliche (nah) und eine distanzsprachliche (dist) Erklärung konzipiert, die sich in den Aspekten Kommunikationsbedingungen, inhaltlicher Aufbau und Grad der Elaboriertheit unterscheiden. Die Kommunikationsbedingungen beschreiben die Art und Weise der Kommunikation sowie das Verhältnis zwischen Lehrkraft und Schüler*innen. Der Grad der Elaboriertheit bestimmt die Komplexität des Satzbaus und damit verbunden die Kompaktheit des Textes und dessen Informationsdichte. Um den prozesshaften Charakter der Nähesprache bzw. den Charakter der Endgültigkeit der Distanzsprache abzubilden, wurden zwei für die Physik typische Vorgehensweisen der Erkenntnisgewinnung zur Operationalisierung verwendet (inhaltlicher Aufbau). Dabei verfolgt die nähesprachliche Erklärung den Weg „vom Konkreten zum Allgemeinen“, während die distanzsprachliche Erklärung „vom Allgemeinen zum Konkreten“ verläuft. Die insgesamt sechs Erklärungen wurden als Videovignetten in einen Onlinefragebogen implementiert. Für ein umfassendes Bild bezüglich des unterrichtlichen Erklärens wurden im Sinne einer Perspektiventriangulation verschiedene Gruppen des Bildungssystems befragt: Schüler*innen als typische Adressatengruppe von Unterrichtserklärungen und Lehrkräfte, Lehramtsstudierende als angehende Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker*innen als Lehrerbildner als Stellvertreter für die Perspektive der Erklärenden.
Insgesamt nahmen N=216 Personen (N=110 Schüler*innen, N=28 Physiklehrkräfte, N=42 Studierende des Lehramts Physik, N=36 Physikdidaktiker*innen) an der Fragebogenstudie teil. Sie bewerteten die Erklärungen zunächst global mit Hilfe von Schulnoten (Globalurteil), welche von den Studierenden, Lehrkräften und Fachdidaktiker*innen im Anschluss in einem Freitextfeld optional begründet werden konnten. Anschließend erfolgte eine Einschätzung der Erklärung in Bezug auf unterschiedliche Qualitätsmerkmale von Unterrichtserklärungen (Adressatenorientierung, Strukturiertheit, sprachliche Verständlichkeit, Sprech- und Körperausdruck und Persönlichkeitswirkung) sowie die variierten Merkmale der sprachlichen Konzeption auf einer geschlossenen sechsstufigen Ratingskala.

Ergebnisse und Diskussion
Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die mittleren Globalurteile (Schulnoten), getrennt nach den vier Statusgruppen und pro Erklärung. Der Vergleich der Globalurteile innerhalb der einzelnen Gruppen zeigt in allen drei Themengebieten für alle Gruppen eine tendenziell bessere Bewertung der nähesprachlich konzipierten Erklärungen. Einzige Ausnahme bildet das Erklärungspaar zur Wärmelehre bei der Gruppe der Schüler*innen (S), in dem beide Erklärungen gleich bewertet wurden (vgl. Tab. 1). Ein Intragruppenvergleich der Globalurteile pro Themenbereich mittels t-Test zeigt für die Gruppe der Schüler*innen jedoch signifikante Unterschiede in der Bewertungen der Erklärungen zu den Themenbereichen E-Lehre und Mechanik ($p<0.01$) mit kleiner (Mechanik: $d=.40$) bis mittlerer (E-Lehre: $d=.58$) Effektstärke. In der Gruppe der Studierenden (St) zeigt sich hingegen nur für die Erklärungen zur Wärmelehre ein signifikanter Unterschied in der Benotung ($p<0.05$) mit mittlerer Effektstärke

(d=.51). Die Globalurteile in den Bereichen der E-Lehre und Mechanik weisen keine signifikanten Unterschiede auf, was aufgrund der erwarteten kleinen Effekte (E-Lehre: d=.17; Mechanik: d=.40) vor allem durch die kleine Stichprobe zu erklären. Im Gegensatz zu diesen beiden Gruppen unterscheiden sich bei den Lehrkräften (L) und Didaktiker*innen (D) die Bewertungen in allen Themenbereichen signifikant ($p<0.01$) mit mittleren bis großen Effektstärken.

Tab. 1: Übersicht über das Globalurteil (Schulnote) nach Statusgruppen und Erklärungen

Video / **Gruppe**	$\mathbf{E_{nah}}$ M (SD) [range]	$\mathbf{E_{dist}}$ M (SD) [range]	$\mathbf{W_{nah}}$ M (SD) [range]	$\mathbf{W_{dist}}$ M (SD) [range]	$\mathbf{M_{nah}}$ M (SD) [range]	$\mathbf{M_{dist}}$ M (SD) [range]
S	1,91 (0,81) [0,7; 6,3]	2,30 (0,98) [0,7; 6,3]	1,81 (0,78) [0,7; 5,3]	1,80 (0,79) [0,7; 4,3]	1,99 (1,01) [0,7; 6,3]	2,34 (1,01) [0,7; 6,3]
St	1,64 (0,68) [0,7; 4,0]	1,75 (0,67) [0,7; 3,3]	1,71 (0,73) [0,7; 3,7]	2,15 (0,89) [0,7; 4,3]	1,89 (0,96) [0,7; 4,0]	2,30 (0,92) [0,7; 5,0]
L	2,01 (0,65) [1,0; 4,0]	2,90 (1,19) [1,0; 6,0]	2,01 (0,78) [1,0; 4,0]	3,28 (1,00) [1,3; 5,0]	2,13 (0,84) [0,7; 4,0]	2,99 (1,15) [1,0; 5,0]
D	2,26 (0,72) [1,0; 4,3]	2,86 (1,17) [1,0; 6,0]	2,63 (1,36) [1,0; 6,3]	3,29 (1,33) [1,0; 6,3]	2,46 (1,01) [1,0; 5,0]	3,15 (1,17) [1,3; 6,0]

S: Schüler*innen; St: Studierende; L: Lehrkräfte; D: Didaktiker*innen

Der Intergruppenvergleich der Bewertungen jeder einzelnen Erklärung erfolgt mit Hilfe einer ANOVA mit post-hoc Bonferroni-Korrektur. Es zeigt sich sowohl eine ähnliche Bewertung bei Schüler*innen und Studierenden als auch bei Lehrkräften und Didaktiker*innen, wobei diese insgesamt vor allem die distanzsprachlichen Erklärungen signifikant ($p<0.01$) schlechter bewerten als die erstgenannten Gruppen.

Zur Konkretisierung dieser Ergebnisse wurden die Begründungen der Noten mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Die Auswertung erfolgte hier themenunabhängig. Insgesamt ergeben sich aus den Antworten der Lehrkräfte, Studierenden und Didaktiker*innen sechs Hauptkategorien: Sprachliche Konzeption, Adressatenorientierung, Strukturierung, Sprachliche Verständlichkeit, Repräsentation (Visualisierung) sowie Fachinhalt. Die Kategorien Strukturierung, Repräsentation und Fachinhalt liefern bei den Lehrkräften wie bei den Didaktiker*innen keine Hinweise auf eine unterschiedliche Bewertung von nähe- und distanzsprachlichen Erklärungen.

Bei den Lehrkräften liefert auch die Kategorie der sprachlichen Verständlichkeit keine entsprechenden Hinweise. Hier spielen vor allem die Adressatenorientierung und der inhaltliche Aufbau eine entscheidende Rolle. Die Begründungen der Lehrkräfte hierzu lassen auf eine eher normativ geprägte Vorstellung bezüglich guten Unterrichts schließen. Dabei scheint die Vorgehensweise „Konkret – Allgemein“ gleichbedeutend mit gutem Unterricht zu sein, da die distanzsprachliche Erklärung von dieser Gruppe aufgrund der Vorgehensweise „Allgemein – Konkret“ abgelehnt wird. Die Notenbegründung in der Kategorie Adressatenorientierung erfolgt hier vor allem über eine bessere bzw. schlechtere Anknüpfung an das Vorwissen und eine fehlende Motivation in der distanzsprachlichen Erklärung.

Ausschlaggebend für die Bewertung in der Gruppe der Didaktiker*innen sind vor allem zwei Komponenten der sprachlichen Konzeption, die Art der Ansprache und der Grad der Elaboriertheit. Beide Kategorien werden in den nähesprachlichen Erklärungen deutlich besser bewertet als in den distanzsprachlichen Erklärungen. Zudem argumentieren die Didaktiker*innen häufig über das allgemeine Sprachniveau und die Verwendung von Fachbegriffen.

Zusammenfassend ist zwar eine ähnliche Beurteilung durch die Lehrkräfte und Didaktiker*innen in Bezug auf das Globalurteil festzustellen, die Argumentationen, die zur jeweiligen Benotung führen, unterscheiden sich jedoch grundlegend.

Literatur

Feilke, H. (2012). Bildungssprachliche Kompetenzen – Fördern und entwickeln. Praxis Deutsch, 233, 4-13.

Gogolin, I. & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouër & D. Lüttenberg (Hrsg.), Handbuch Sprache in der Bildung (Bd. 21). Berlin, Boston: Walter de Gruyter.

KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland] (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

Koch, P. & Oesterreicher, W. (1986). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In O. Deutschmann, H. Flasche, B. König, M. Kruse, W. Pabst & W.-D. Stempel (Hrsg.), Romanistisches Jahrbuch 1985 (Bd. 36, S. 15-43). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

Koch, P. & Oesterreicher, W. (1994). Schriftlichkeit und Sprache. In H. Günther & O. Ludwig (Hrsg.), Schrift und Schriftlichkeit: Ein interdisziplinäres Handbuch internationaler Forschung. Band 1, 587–604, Berlin: de Gruyter.

Koch, P. & Oesterreicher, W. (2007). Schriftlichkeit und kommunikative Distanz. Zeitschrift für germanistische Linguistik, 35 (3), 346–375.

Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21 (1), 111–126.

Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. Journal of Research in Science Teaching, 55 (10), 1393–1418.

Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. Studies in Science Education, 54 (2), 109–139.

Meyer, M. & Tiedemann, K. (2017). Sprache im Fach Mathematik. Berlin: Springer.

Michalak, M., Lemke, V. & Goeke, M. (2015). Sprache im Fachunterricht. Eine Einführung in Deutsch als Zweitsprache und sprachbewussten Unterricht. Tübingen: Narr Francke Attempto.

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 235-260.

Rincke, K; Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum: Berlin, 31-48

Schmölzer-Eibinger, S. (2013). Sprache als Medium des Lernens im Fach. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann, 25-40.

Treagust, D. & Harrison, A. (2000). In search of explanatory frameworks: an analysis of Richard Feynman's lecture 'Atoms in motion'. International Journal of Science Education, 22 (11), 1157- 1170.

Axel Eghtessad[1]
Dagmar Hilfert-Rüppell[2]
Kerstin Höner[2]

[1]Pädagogische Hochschule Tirol
[2]Technische Universität Braunschweig

(Fach)sprachliche Analyse von Unterricht

Einführung

Die Lehrer*innen-Schüler*innen-Kommunikation (L-S-Kommunikation) im Unterrichtsgespräch ist wesentlich für die Fachunterrichtsqualität bzw. deren Erhöhung (Behling, Förtsch & Neuhaus, 2019). Sprache erfüllt dabei verschiedene Funktionen und weist unterschiedliche Register auf. Markic (2017) berichtet in Bezug auf Naturwissenschafts-Lehrkräfte, dass diese sich der Wichtigkeit von Fachsprache bewusst seien, ihr entsprechendes Wissen um Charakteristika und die Vermittlung naturwissenschaftlicher Sprache hingegen niedrig sei. Eine Sensibilisierung für die Reichweite sprachlichen Handelns (Busker & Budde, 2015) durch die gezielte Wahrnehmung entsprechender Unterrichtsprozesse erscheint daher förderlich im Hinblick auf die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden. Im Beitrag werden Ergebnisse einer Untersuchung der Unterrichtswahrnehmung allgemein- und fachsprachlicher Aspekte im eigenen Unterricht durch Lehramtsstudierende vorgestellt. Hierzu wurden ihre Analysetabellen ausgewertet, die sie bei der Arbeit mit Videovignetten aus eigenem Unterricht mithilfe eines Kategoriensystem zur Sprachlichkeit im Fachunterricht angefertigt haben.

Theorie

Eine grundlegende Aufgabe von Lehrer*innenprofessionalisierung ist die Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung als ein wesentlicher Bestandteil von Lehrer*innenexpertise (Sherin & van Es, 2009; Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010). Professionelle Unterrichtswahrnehmung beschreibt die Fähigkeit von (angehenden) Lehrpersonen, lernrelevante Ereignisse im Unterrichtsverlauf zu erkennen und theoriegeleitet zu interpretieren (Sherin, 2007). Blömeke, Gustafsson & Shavelson (2015) legen ein Modell von Kompetenz als Dispositions-Performanz-Kontinuum vor. Mediator zwischen Disposition und Performanz ist hierbei ein Konstrukt situationsspezifischer, damit fachbezogener, Fähigkeiten der Wahrnehmung, Interpretation und Entwicklung von Handlungsentscheidungen (perception–interpretation–decision making). Santagata & Yeh (2016) erörtern die konzeptionelle Vergleichbarkeit der situationsspezifischen Fähigkeiten im Kompetenzmodell mit den Fähigkeiten des noticing unterrichtlicher Situationen nach Sherin (2007). Unterrichtswahrnehmung ist dann professionell, wenn sie gefiltert ist: „noticing is learning to identify what is noteworthy about a particular situation“ (Sherin & van Es, 2009, S. 573).

L-S-Kommunikation hat vielfältige Funktionen im Unterricht, ihre Wahrnehmung beinhaltet wenigstens zwei Dimensionen. Neben der Übermittlung von Informationen ist die Performativität von Sprache maßgeblich (Austin, 1962); Sprache ist konstitutiv für unterrichtliches Handeln (Härtig, Bernholt, Prechtl & Retelsdorf, 2015). Um den Interaktions- und Handlungscharakter von L-S-Kommunikation zu betonen, wird im vorliegenden Beitrag unter Sprachlichkeit die unterrichtssprachliche Handlungskompetenz der Lehrkraft sowie entsprechende unterrichtssprachliche Fähigkeiten der Schüler*innen bzw. deren Förderung für eine lernförderliche Kommunikation im Unterricht in den Dimensionen Sprachhandeln und Sprachverwendung verstanden. Zudem sind unterschiedliche sprachliche Ebenen zu beachten, so konnte Rautenstrauch (2017) lückenhafte Fähigkeiten der fachsprachlichen Darstellung bei Chemie-Lehramtsstudierenden zeigen, wobei allgemeinsprachliche Fähigkeiten nicht zwangsläufig beeinflusst sind. Sprachlichkeit ist demnach auch bezüglich allgemein- und fachsprachlicher Fähigkeiten zu operationalisieren. Vor diesem Hintergrund sind die

Anforderungen an die Lehramtsstudierenden bei der Wahrnehmung auf Ebene von Sprachlichkeit komplex. Sie stehen zudem während des eigenen Unterrichtens vor der Herausforderung, nahezu simultan Unterrichtssituationen wahrzunehmen, zu interpretieren und eine entsprechende Handlungsentscheidung zu treffen. Durch den Einsatz von Videografien kann Unterrichtswahrnehmung ohne unmittelbaren, eigenen Handlungsdruck ermöglicht werden.

Forschungsfragen und Forschungsdesign

In der vorliegenden Studie werden Erkenntnisse im Zusammenhang mit der professionellen Wahrnehmung von Studierenden (N=28) mit mindestens einem der Fächer Biologie, Chemie und Physik hinsichtlich Sprachlichkeit im Fachunterricht gewonnen. Mit folgenden Forschungsfragen wird die Wahrnehmung eigenen Unterrichts der Studierenden hinsichtlich der L-S-Kommunikation im Sinne einer Sensibilisierung für die Reichweite sprachlichen Handelns sowie der Sprachverwendung untersucht:

- Inwieweit berücksichtigen die Studierenden bei der Reflexion eigenen Unterrichts allgemeinsprachliche und fachsprachliche Aspekte?
- Inwieweit bringen sie allgemein- und fachsprachliche Aspekte miteinander in Bezug?

Die Erhebung wurde im Rahmen der jeweils im Wintersemester beginnenden Praxisphase des Masters für das Lehramt an Haupt- und Realschulen an der TU Braunschweig durchgeführt. Im Wintersemester planen die Studierenden im Vorbereitungsseminar Unterricht, der im Seminar simuliert durchgeführt und im Plenum als ganze Stunde notizenbasiert reflektiert wird. Zur Schulung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Studierenden werden die simulierten Unterrichtsstunden videografiert, Vignetten extrahiert und von ihnen mit einem Analyseraster zur Sprachlichkeit im Fachunterricht kategorisiert (beschrieben), interpretiert und Handlungsalternativen entwickelt. Das Raster geht auf Arbeiten von Vollmer & Thürmann (2009) sowie Thürmann & Vollmer (2011) zurück und ist in vier Hauptkategorien gegliedert, die unterschiedlich stark auf Sprachhandeln und Sprachverwendung fokussieren (Details siehe Ergebnisteil). In allen Hauptkategorien sind allgemein- sowie fachsprachliche Aspekte berücksichtigt, wobei quantitativ mehr allgemeinsprachliche Analysekategorien enthalten sind. Im Sommersemester führen die Studierenden ein 18-wöchiges Schulpraktikum durch. Jede*r Studierende wird an den Praktikumsschulen besucht und eine komplette Stunde videografiert. Dozent*in und Student*in identifizieren gemeinsam eine zwei- bis fünfminütige Vignette aus einer Plenumssituation der Stunde (Einstiegsphase oder Stellung des Arbeitsauftrages für die Haupt-Erarbeitungsphase oder Sicherungsphase), die mit einer oder zwei der Hauptkategorien aus dem Analyseraster Sprachlichkeit zu analysieren ist. Ein entsprechender modularer Analyseauftrag wird gemeinsam festgelegt. Die Studentin bzw. der Student erstellt zunächst ein wortwörtliches Transkript der Vignette und nimmt dabei ein Event-Sampling vor (Faßnacht, 1995). In einer standardisierten Analysetabelle beschreiben und interpretieren Student*in und Dozent*in die Vignette jeweils unabhängig voneinander und entwickeln Handlungsalternativen. Im Regelfall eine Woche später findet zwischen Dozent*in und Student*in die Besprechung der Vignettenanalyse mit dem Vergleich von Kategorisierungen und Handlungsalternativen statt.

Die Analysetabellen wurden mit MAXQDA 2018 anhand des Analyserasters Sprachlichkeit kategorisiert. Hierbei wurden zunächst die Kategorisierungen der Studierenden übertragen und zusätzlich die während der Besprechung von den Studierenden gemachten Ergänzungen codiert. Weiterhin wurde inhaltsanalytisch geprüft, ob fachsprachliche Aspekte bei der Analyse nicht erkannt worden sind.

Ergebnisse

In den 28 Analysen der Studierenden sind insgesamt 1297 Codings enthalten. Auf die Hauptkategorie „1. Unterrichtliche Sprachverwendung der Lehrkraft“ entfallen 361 Fundstellen (ca. 28%), auf „2. Gelegenheit für SuS zum Sprachhandeln und Interaktion im Unterricht“ 709 (ca. 54%), auf „3. Gezielte Unterstützung für fachunterrichtlich relevante Mittel“ 102 (ca. 8%) und auf „4. Sprachliche Angemessenheit von Materialien“ 125 (ca. 10%). Die am häufigsten gefundenen allgemeinsprachlichen Kategorien mit je 99 Fundstellen (ca. 8%) sind „2.1 Kontrolle eigener Redeanteil“ und „2.5 verbale Wertschätzung/ Verstärkung“. „1.3. Akzentuierung bedeutsamer Phasen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess“ ist mit 13 Fundstellen (1%) die häufigste fachsprachliche Kategorie. Fach- und allgemeinsprachliche Codings treten in den Event-Samples, d.h. in den Analyseabschnitten, immer nebeneinander auf. Es gibt keinen Abschnitt, in dem die Studierenden nur fachsprachlich codiert haben. Bei der inhaltsanalytischen Prüfung zeigt sich ein Nichterkennen der fachsprachlichen Komponente oft im Interpretationsschritt. Während der Besprechungen mit dem*r Dozierenden sind diese von den Studierenden auf den Analysetabellen ergänzt worden, sodass nach den Besprechungen 12% der Zuordnungen auf fachsprachliche Kategorien entfallen. In Abb. 1 ist beispielhaft ein Auszug einer Studierenden-Analysetabelle dargestellt, in dem ein fachsprachlicher Aspekt erkannt wird (Impuls ist suboptimal), aber nicht kategorisiert. Bei der Handlungsentscheidung wird vorgeschlagen, einen präziseren, zielorientierten Impuls anzubieten. Eine Konkretisierung erfolgt erst im Gespräch und wird handschriftlich ergänzt (Wahl des passenden Operators).

Zeit (m:ss)	Transkript *(Handlungen ggf. ergänzen)*	Analyse: Beschreibung und Bewertung	begründete Handlungsalternative
0:04	L.: „Äeh was fällt euch denn dazu ein?“ 3.2	S. sollen durch die Flüssigkeiten und die offene Frage (2.3) aktiviert werden (2.7.1), soll das zeigen unterstützen, S. können im Plenum Ideen austauschen (2.8.1), durch die offene Frage sollen Beobachtungen selbstständig formuliert werden (3.1). Impulse sind evtl. nicht präzise genug.	Präziseren/ zielführerenden Impuls bieten: anstatt klarer Flüssigkeit, den Inhalt in Originalbehältern (2.7.3, 2.7.4) Operator: beschreibt was die Gelst → noch vorne kommen vergleichen

Abb. 1: Auszug aus einer Studierenden-Analysetabelle. Anm.: Die nicht explizierten Kategorien sind „2.7.3 L. gibt präzise Impulse (Erwartungstransparenz)“ „2.7.4 L. gibt zielorientierte Impulse (Kriterien für (exp.) Vorgehen, Vergleich, …“

Diskussion

Mit 54% entfällt der Hauptteil der Codierungen auf die Hauptkategorie „2. Gelegenheit für SuS zum Sprachhandeln und Interaktion im Unterricht“. Dies legt den Schluss nahe, dass bei der Wahl der Analyseaufträge ein Wahrnehmungsbedarf insbesondere hinsichtlich sprachlichen Handelns gesehen wird. Offenbar wird durch die Arbeit mit der eigenen Vignette zumindest eine Sensibilisierung der Studierenden für die Reichweite sprachlichen Handelns (Busker & Budde, 2015) erreicht. Das Erkennen fachsprachlicher Wahrnehmungsaspekte unterbleibt oft bzw. tritt nie isoliert auf. Dies deutet auf eine erhöhte Schwierigkeit der Wahrnehmung bei den Studierenden hin. In den Vignetten enthaltene unterrichtliche fachsprachliche Elemente werden oft erst im Vergleichsgespräch von den Studierenden ergänzt, während dem eine bessere Übereinstimmung zwischen den Analysen von Dozent*in und Student*in erreicht wird (Eghtessad, Hilfert-Rüppell & Höner, 2019). Unter Bezug auf das Kompetenzmodell von Blömeke, Gustafsson & Shavelson (2015) scheint der Rückgriff auf fachsprachliche Wissensbestände bei der Interpretation und Entwicklung von Handlungsalternativen eine besondere Anforderung darzustellen. Die Analysetabellen der Studierenden ermöglichen Einblicke in das qualitative Verhältnis allgemein- zu fachsprachlicher Aspekte von Sprachlichkeit. Aus den quantitativen Anteilen an Kategorisierungen sollte kein Schluss auf die Bedeutsamkeit fachsprachlicher Aspekte in den Analysen gezogen werden.

Literatur

Austin, J. L. (1962). *How to do things with words*. Cambridge: Harvard University Press.

Busker, M. & Budde, M. (2015). Fachspezifische Qualifikation zur Sprachförderung im Lehramtsstudium. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 49-51). Kiel: IPN. URL http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf [09.10.19]

Behling, F., Förtsch, C. & Neuhaus, B. (2019). Sprachsensibler Biologieunterricht – Förderung professioneller Handlungskompetenz und professioneller Wahrnehmung durch videogestützte live-Unterrichtsbeobachtung. Eine Projektbeschreibung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, o.S.. DOI 10.1007/s40573-019-00103-9

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. (2015). Beyond dichotomies. Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie, 223* (1), 3-13. DOI 10.1027/2151-2604/a000194

Eghtessad, A., Hilfert-Rüppell, D. & Höner, K. (2019). Reflexionsfokus Sprachlichkeit: Studierende analysieren die L-S-Kommunikation eigenen Unterrichts. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. (S. 241-244). Regensburg: Universität Regensburg. URL http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band39.pdf [09.10.19]

Faßnacht, G. (1995). *Systematische Verhaltensbeobachtung. Eine Einführung in die Methodologie und Praxis*. 2. Auflage. München und Basel: Ernst Reinhardt.

Härtig, H., Bernholt, S., Prechtl, H., & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21*, 55-67.

Markic, S. (2017). Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. In *European Science Education Research Education* (Hrsg.), *Conference Book* (S. 178-185). URL https://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_1315_paper.pdf [09.10.19]

Rautenstrauch, H. (2017). E*rhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie*. Berlin: Logos.

Santagata, R. & Yeh, C. (2016): The Role of Perception, Interpretation, and Decision Making in the Development of Beginning Teachers' Competence. *ZDM Mathematics Education, 48* (1-2), 153-165. DOI 10.1007/s11858-015-0737-9.

Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). „Observer" – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. *Zeitschrift für Pädagogik, 56* (Beiheft). Weinheim und Basel: Beltz, S. 296 – 306. URN urn:nbn:de:0111-opus-34384.

Sherin, M. (2007). The Development of Teachers' Professional Vision in Video Clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S.Derry (Hrsg.), *Video Research in the Learning Sciences* (S. 383-395). London: Lawrence Erlbaum.

Sherin, M. & van Es, E. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. *Journal of Teacher Education, 60* (1), 20–37. DOI 10.1177/0022487108328155.

Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K. (2016). Kann die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden trainiert werden? Konzeption und Erprobung einer Intervention mit Videos aus dem naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22*, 1-12. DOI 10.1007/s40573-015-0037-5.

Thürmann, E. & Vollmer, H. (2011). Checkliste zu sprachlichen Aspekten des Fachunterrichts. In Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (Hrsg.), *Materialdatenbank*. URL http://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/2975 [27.07.19]

Vollmer, H. & Thürmann, E. (2009). Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 107-132). Tübingen: Narr.

Corinna Pieber
Wolfgang Dür
Barbara Hinger

Universität Innsbruck

Der Einsatz von TBLT zur Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Physikunterricht

Die Bedeutung sprachlicher Fähigkeiten für das fachliche Lernen wird mittlerweile in allen Fachbereichen erkannt (Kniffka & Roelcke, 2016). Nach wie vor gibt es jedoch einen Mangel an empirischen Studien zum Zusammenhang von sprachlichem und fachlichem Lernen (Schmellentin, 2017). Nach Becker-Mrotzek dürfen zwar positive Effekte sprachsensibler Unterrichtsmethoden auf das fachliche Lernen angenommen werden, allerdings sind die genauen Wirkzusammenhänge noch weitgehend ungeklärt (2018, S. 40). Das vorliegende interdisziplinäre Dissertationsprojekt sieht vor, einen Beitrag zur Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Physikunterricht zu leisten und einen weiteren Blick auf die Wirkzusammenhänge zwischen sprachlichem und fachlichem Lernen zu ermöglichen. Denn nach wie vor scheint es trotz vereinzelter Pionierleistungen in den Fachwissenschaften noch keine fachsprachlich orientierte Gesamtdidaktik, sondern primär fachsprachenmethodische Einzelüberlegungen innerhalb der Sachfächer zu geben (Fluck, 1992; Heine, 2016).

Sprache im Physikunterricht

Die Sprachwissenschaft als eine sowohl empirische als auch hermeneutische Disziplin formuliert häufig verschiedene Grundannahmen darüber, was Sprachen sind und wie Sprachen gelernt werden (Schmid, 2007, S. 224). Als eine Grundannahme dessen, wie *Fachsprachen* beschrieben werden und in welchen Prozessen sie auftreten und untersucht werden können, zeigt die Fachsprachenforschung in der germanistischen Linguistik Möglichkeiten zur Typologisierung bzw. Modellierung auf (vgl. Roelcke, 2010; Göpferich, 2002). Heine und Schubert betrachten die Weiterentwicklung und Prüfung von Modellszenarien der *Fachkommunikation* als eine „vielversprechende und wichtige Aufgabe der Fachwissenschaft und -praxis“ und heben die Fachkommunikationsdidaktik als Profiteur der Vergleichbarkeit und Anwendbarkeit sauber entwickelter Modellierungen des dynamischen Systems *Fachsprachen* hervor (Heine & Schubert, 2013, S. 111). Nach Roelcke erlaubt die Eingliederung in ein dreidimensionales Modell eine sichere und angemessene Verortung einer fachsprachlichen Erscheinung bzw. eines Fachtextes (2014, S. 173-174). Nicht nur in der Fremdsprachendidaktik (Selinker, 1972) auch in der Erstsprachendidaktik (Glück, 1993) ist die Ausbildung einer bzw. mehrerer Interimssprachen im Sprachentwicklungsverlauf eine hermeneutisch und empirisch mehrfach gezeigte Grundannahme zum Sprachenlernen. Bei der Entwicklung der physikalischen Fachsprache als eine Varietät des Deutschen durchlaufen Lernende das Stadium der physikalischen Interimssprache, die Rincke „scientific interlanguage“ nennt (Rincke, 2010b). Fachsprachliche Erscheinungen beim Physiklernen können linguistisch analysiert und in die Typologie von Roelcke eingegliedert werden, so dass eventuell neue Wirkzusammenhänge zwischen sprachlichem und fachlichem Lernen sichtbar werden.

Task-Based Language Teaching (TBLT)

Task-Based Language Teaching (TBLT) ist ein international etablierter methodischer Ansatz aus dem Bereich der Sprachendidaktik und kann als „research-based pedagogy“ verstanden werden (van den Branden, 2016, S. 241). Als zentrale Einheit der Definition von Lernzielen

und der Begleitung und Überprüfung von Lernprozessen fungiert der *Task* – die Aufgabe. Übergeordnetes Lernziel einer Unterrichtseinheit ist im TBLT die Bewältigung eines *Target Tasks*. Der Target Task lässt sich in abstraktere *Target Task Types* unterteilen. Der konkrete Unterricht wird anhand von *Pedagogic Tasks* gestaltet, die die Lernenden auf die Bewältigung der Target Tasks und Target Task Types schrittweise vorbereiten und strengen Kriterien unterliegen (Ellis, 2003). TBLT erwies sich in der Vergangenheit bereits vielfach als ein erfolgreicher Zugang zum Fremdsprachenlernen - Leaver und Kaplan unterstreichen unter anderem die große „Lernerzufriedenheit“ und Motivation, gute Evaluationsergebnisse bei standardisierten Tests und eine hohe Professionalität (2004).

Der Einsatz von TBLT im Physikunterricht

Das vorliegende Dissertationsprojekt wird von einer übergeordneten Forschungsfrage geleitet:

Welche Effekte hat der Einsatz von TBLT im Physikunterricht der Sekundarstufe II auf die Interimssprache der Schülerinnen und Schüler im Fachbereich Physik?

Da sowohl beim Erlernen der Sprachvarietät Fachsprache als auch beim Erlernen einer Zweit- und/oder Drittsprache der Spracherwerbsprozess als eine Folge von Interimssprachen modelliert werden kann, liegt die Vermutung nahe, dass Fach- und Fremdsprachenlernen vergleichbar sind (Rincke 2010b, S. 47). Verhärtet wird die Vermutung dadurch, dass sich sowohl Rincke (2010a, S. 245) als auch Ellis (2003, S. 24) unter anderem auf Wygotskis soziokulturelle Perspektive auf das Lernen und Lehren von Sprachen beziehen. Da durch den Einsatz von TBLT in der Fremdsprachendidaktik bedeutende Erfolge erzielt werden konnten, erhofft sich das vorliegende interdisziplinäre Dissertationsprojekt positive Effekte der Methodik auf das (Fach-)Sprachenlernen im Physikunterricht.

Projektbeschreibung

Das Projekt gliedert sich in zwei Phasen: Zunächst werden mittels einer *Task-Based Needs Analysis* (Serafini, Lake & Long, 2015) jene sprachlichen Target Tasks und Target Task Types identifiziert, auf die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe II an österreichischen AHS (Allgemeinbildende Höheren Schulen) vorbereitet werden sollten. In einer zweiten Phase wird exemplarisch ein Pedagogic Task entwickelt und an einer österreichischen AHS im Physikunterricht der Sekundarstufe II eingesetzt – mit dem Ziel die physikalische Interimssprache positiv zu beeinflussen und Entwicklungsmerkmale aufzuzeigen. Die Beantwortung der Forschungsfrage erfolgt anhand einer konkreten Fallanalyse: Schreibprodukte, die die Schülerinnen und Schüler im Zuge der Intervention erstellen, werden auf ihre fachsprachlichen Merkmale hin untersucht und einer linguistischen Analyse der Interimssprache unterzogen. Zusätzlich werden ein Fachwissens- und Interessenstest eingesetzt.

Phase 1: Task-Based Needs Analysis

In einem ersten Schritt wurde im interdisziplinären Team der Biologie- und Physikdidaktik an der Universität Innsbruck das *Verfassen einer Vorwissenschaftlichen Arbeit (VWA),* das seit dem Schuljahr 2013/2014 in Österreich eine verpflichtende Maturasäule darstellt, zur Untersuchung ausgewählt. In Form eines explorativen *Mixed-Methods* Designs nach Kuckartz (2014, S. 81) wurden mittels qualitativer Leitfadeninterviews und Online-Fragebögen jene Target Tasks und Target Task Types, die beim Verfassen der VWA bewältigt werden müssen, identifiziert. Erhoben wurden die Perspektiven von Maturantinnen und Maturanten, die ihre VWA im naturwissenschaftlichen Bereich verfasst haben, und von Lehrkräften, die mindestens eine VWA im naturwissenschaftlichen Bereich betreut haben.

Zusätzlich konnte mit den Forschungsinstrumenten eine Einschätzung der tendenziellen Schwierigkeit der verschiedenen Target Task Types ermittelt und darüber hinaus festgestellt werden, inwiefern die Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Regelunterricht auf die Aufgaben und Herausforderungen vorbereitet werden (Taglieber, Pieber, Dür, Kapelari & Hinger 2019).

Beispiel für die Ergebnisse im Fach Physik

In den Interviews wurde unter anderem der Target Task Type „Fachliteratur in eigenen Worten wiedergeben", der dem Target Task „Schreiben der VWA" zugeordnet werden kann, genannt. Die Onlinefragebögen bestätigten den Target Task Type auf quantitativer Ebene. Aus den Interviews mit den Lehrpersonen ging zusätzlich hervor, dass die meisten identifizierten Schreibaufgaben tendenziell eine Herausforderung darstellen. So schildert eine Lehrperson sehr allgemein: „Bei vielen [Schülern] ist [die Schwierigkeit] halt einfach der Stil, oder sie tun sich UNGLAUBLICH schwer diesen Text zu produzieren oder auch zu lesen, weil sie halt einfach / weil es ihnen zu schwierig ist." (LP3). In Abbildung 1 ist die quantitative Einschätzung der Schwierigkeit des Target Task Types „Fachliteratur in eigenen Worten wiedergeben" dargestellt. Die Ergebnisse zeigen zunächst keine nennenswerten Herausforderungen - für über die Hälfte der Schülerinnen und Schüler, die ihre VWA dem Fachbereich Physik zuordnen, war es tendenziell einfach, Fachliteratur in eigenen Worten wiederzugeben. Allerdings bewerten über 65% ihre schriftliche VWA mit der Schulnote „Sehr gut" oder „Gut". 78 % schätzen darüber hinaus ihre schriftlichen Fähigkeiten in der Sprache, in der sie die VWA verfasst haben, mit „Sehr gut" oder „Gut" ein. Die Lehrpersonen bestätigen diese Einschätzung ebenfalls auf quantitativer Ebene und in den Interviews: „[…] die Schüler, die in Physik jetzt eine VWA schreiben wollen, [bringen] zum Glück so gut wie immer herausragende Voraussetzungen mit." (LP6). Unter diesen Gesichtspunkten scheint doch Handlungsbedarf seitens der Fachdidaktik Physik gegeben, da es sogar sehr guten Schülerinnen und Schülern schwerzufallen schien, Fachliteratur in eigenen Worten wiederzugeben. Der Target Task Type wurde an dieser Stelle exemplarisch angeführt. Es ergibt sich bei der Analyse der weiteren Items ein ähnliches Bild (vgl. Taglieber, Pieber, Dür, Kapelari & Hinger). Die Frage nach der Vorbereitung auf diesen Target Task Type ergab, dass sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrpersonen tendenziell „selten" im Fachunterricht Fachliteratur lesen bzw. lesen lassen. Dieselbe Tendenz zeigt das Antwortverhalten auf die Frage nach der Zusammenfassung von Fachtexten im Physikunterricht. Zusammenfassend kann ein Bedarf nach vorbereitenden Maßnahmen auf die zu bewältigenden sprachlichen Target Tasks beim Erstellen einer VWA im naturwissenschaftlichen respektive physikalischen Fachbereich festgestellt werden.

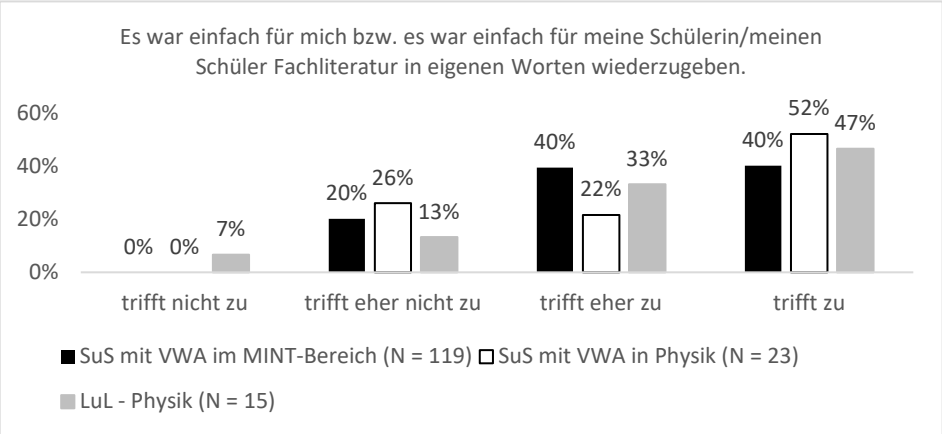


Abb. 1: Einschätzung der Schwierigkeit eines Target Task Types.

Literatur

Becker-Mrotzeck, M. (2018). Sprachbewusster (Fach-)Unterricht: Bedingungen zur Implementierung einer fachübergreifenden Aufgabe für die Schule. In C. Maurer (Eds.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), 41-47.

Bundesgesetzblatt II, BMUKK. Prüfungsordnung AHS 2012/174.

Ellis, R. (2003). Task-based language learning and teaching. Oxford, U.K., New York: Oxford University Press.

Fluck, H.-R. (1992). Didaktik der Fachsprachen: Aufgaben und Arbeitsfelder, Konzepte und Perspektiven im Sprachbereich Deutsch. Forum für Fachsprachenforschung, Bd. 16. Tübingen: Narr.

Glück, H. (1993). Metzler-Lexikon Sprache. Stuttgart: C.E. Poeschel Verlag.

Göpferich, S. (2002). Textproduktion im Zeitalter der Globalisierung. Entwicklung einer Didaktik des Wissenstransfers. (Studien zur Translation 15). Tübingen: Stauffenburg.

Heine, L. (2016). Theoretische Überlegungen zur Modellierung und Erforschung von integrativem Fach- und Sprachenlernen. In B. Hinger (Eds.), Zweite „Tagung der Fachdidaktik“ 2015. Sprachsensibler Sach-Fach-Unterricht - Sprachen im Sprachunterricht. Innsbrucker Beiträge zur Fachdidaktik, Bd. 2, 1. Aufl. Innsbruck: iup - innsbruck university press, 75-93.

Heine, C. & Schubert, K. (2013). Modellierung in der Fachkommunikation. Fachsprache (3-4), 100-117.

Kniffka, G. & Roelcke, T (2016). Fachsprachenvermittlung im Unterricht. Paderborn: Schöningh.

Kuckartz, U. (2014). Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS.

Leaver, B.L. & Kaplan, M.A. (2004). Task-based instruction in U.S. government Slavic language program. In B.L. Leaver and J.R. Willis (Eds.), Task-based instruction in foreign language education: Practices and programs. Washington DC: Georgetown Univ. Press, 47-66.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521.

Rincke, K. (2010a). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 235-260.

Rincke, K. (2010b). Von der Alltagssprache zur Fachsprache: Bruch oder schrittweiser Übergang? In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Eds.), Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Innsbruck: StudienVerlag, 47-62.

Roelcke, T. (2010). Fachsprachen (3., neu bearb. Aufl.). Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Roelcke, T. (2014). Zur Gliederung von Fachsprache und Fachkommunikation. Fachsprache, 3-4, 154-178.

Schmellentin, C. (2017). Sprachbewusster (Fach-)Unterricht: Bedingungen zur Implementierung einer fachübergreifenden Aufgabe für die Schule. In C. Maurer (Eds.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), 32-41.

Schmid, S. (2007). Sprachenlernen im Spannungsfeld zwischen Linguistik, Didaktik und Politik: Streiflichter zur Entwicklung des Fremdsprachenunterrichts. In Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 2, 223-230.

Selinker, L. (1972). Interlanguage. International Review of Applied Linguistics in Language Teaching 10 (3), 209-232.

Serafini, E.J.; Lake, J.B. & Long, M.H. (2015). Needs analysis for specialized learner populations: Essential methodological improvements. English for Specific Purposes, 40, 11-26.

Taglieber, J.; Pieber C., Dür, W.; Kapelari, S. & Hinger, B. (2019). Eine interdisziplinäre Studie zum Einfluss von TBLT auf die Scientific Interlanguage von SchülerInnen im Biologie- und Physikunterricht – eingereicht und angenommen.

Van den Branden, K. (2016). Task-based language teaching. In G. Hall (Eds.), The Routledge Handbook of English Language Teaching. London: Routledge, 238-251.

Markus Sebastian Feser Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Schüler_innen schreiben Texte – Physiklehrkräfte beurteilen diese

Eine Vielzahl von Autor_innen weist darauf hin, dass das Verfügen über bildungs- und fachsprachliche Fähigkeiten entscheidend zum Lernerfolg von Schüler_innen im Physikunterricht beiträgt (z. B. Rincke & Markic, 2018; Schleppegrell, 2004; Wellington & Osborne, 2001). Die Sprachkenntnisse von Schüler_innen beeinflussen nicht nur deren Aneignung von naturwissenschaftlichen Denk und Arbeitsweisen, sondern auch die Art und Weise, in der eine_e Schüler_in demonstrieren kann, welches Fachwissen und welche physikspezifisichen Fähigkeiten er_sie bereits erworben hat (Lyon, 2013; Höttecke et al., 2018). Gleichzeitig findet sich in der fachdidaktischen Forschung Evidenz dafür, dass viele Physiklehrkräfte sich nicht für die Förderung sprachspezifischer Fähigkeiten und Kompetenzen zuständig fühlen (Airey, 2012) und dass ihnen nicht bewusst ist, dass die Sprachkenntnisse von Schüler_innen ihr Lernen und ihre Leistung im Physikunterricht beeinflussen (Luykx et al., 2007). Darüber hinaus setzen es viele Physiklehrkräfte als selbstverständlich vorraus, dass sich ihre Schüler_innen im Fachunterricht in einer sprachlich versierten Art und Weise ausdrücken können (Feilke, 2012; Tajmel, 2017). Insgesamt scheinen viele Physiklehrkräfte hohe sprachliche Anforderungen in ihrem Fachunterricht zu stellen.
Unsere Vermutung ist, dass sich diese hohen Anforderungen auch in der Art und Weise niederschlagen, wie Physiklehrkräfte die Qualität von Schülertexten im Rahmen einer Klassenarbeit beurteilen. Genauer gesagt: Wir vermuten, dass Physiklehrkräfte bei der Beurteilung von Klassenarbeiten neben fachlich-konzeptuellen stets auch sprachliche Merkmale von Schülertexten berücksichtigen und dass Physiklehrkräfte hierbei hohe Ewartungen an die sprachliche Realisierung eines Schülertextes stellen. Nach unserem besten Wissen sind allerdings empirische Befunde darüber, wie Physiklehrkräfte in ihrem Berufsalltag tatsächlich vorgehen, wenn sie den Sprachgebrauch von Schüler_innen im Rahmen einer Klassenarbeit beurteilen, in der fachdidaktische Literatur bislang nur unzureichend vorhanden. In einer explorativen Studie haben wir daher die spezifischen Alltagspraktiken von Physiklehrkräften beim Beurteilen von Schülertexten in einer Klassenarbeit untersucht. Eine zentrale Forschungsfrage, der wir uns in dieser Studie gewidmet haben, lautet:

Wie stark und in welcher Art und Weise berücksichtigen Physiklehrkräfte bei der Genese von Leistungsurteilen die sprachliche Realisierung von Schülertexten?

Methodisches Vorgehen
In einer Vorstudie haben wir zunächst ein gegenstandangemessenes Erhebungsinstrument für im Schuldienst aktive Physiklehrkräfte entwickelt (Feser et al., 2016). Dieses Erhebungsinstrument besteht aus einer Laut-Denk-Aufgabe, die die Teilnehmer_innen dazu anregt, entsprechend ihrer alltäglichen Berufspraxis beim Korrigieren von Klassenarbeiten zu agieren. Zunächst werden Teilnehmer_innen gebeten, einen Erwartungshorizont zu einer Klassenarbeitsaufgabe so zu erstellen, wie sie dies unter normalen Umständen auch tun würden, und dabei laut zu denken. Mit Hilfe ihres Erwartungshorizonts korrigieren die Lehrkräfte anschließend (ebenfalls laut-denkend) vier unterschiedliche Schülerlösungstexte. Bei diesen 4 Schülertexten (als Text A-D bezeichnet) handelt es sich um Kontrastfälle, die mit Hilfe eines mehrstufigen Expertenratings aus insgesamt 116 authentischen Schülerlösungen so ausgewählt wurden, dass sich diese hinsichtlich ihrer fachlich-konzeptuellen Qualität

und/oder der Qualität ihrer sprachlichen Realisierung deutlich voneinander unterscheiden (für Details siehe Feser & Höttecke, 2017):

- **Text A** besitzt eine **hohe** fachlich-konzeptuelle Qualität und eine **geringe** Qualität hinsichtlich seiner sprachlichen Realisierung.
- **Text B** besitzt eine **geringe** fachlich-konzeptuelle Qualität und eine **hohe** Qualität hinsichtlich seiner sprachlichen Realsierung.
- **Text C** besitzt sowohl eine **hohe** fachlichlich-konzeptuelle Qualtität, als auch eine **hohe** Qualität hinsichtlich seiner sprachlichen Realisierung.
- **Text D** besitzt sowohl eine **geringe** fachlichlich-konzeptuelle Qualtität, als auch eine **geringe** Qualität hinsichtlich seiner sprachlichen Realisierung.

Die Erhebung der Hauptstudie, in der das eben beschriebene Erhebungsinstrument eingesetzt wurde, fand von April bis September 2016 statt. Dabei wurde eine Gelegenheitsstichprobe von N = 21 Hamburger Physiklehrkräften gewonnen, die sich deutlich hinsichtlich ihrer Lehrfahrung (2.5 – 37.0 Jahre) unterscheiden und zum Erhebungszeitpunkt an verschiedensten Schultypen tätig waren (Gymnasium = 13, Stadtteilschule = 7, Gym + StS. = 1; staatliche Schule = 19; Privatschule = 2).
Während des lauten Denkens wurden alle Teilnehmer_innen audiographiert. Diese Audiographien wurden regelgeleitet transkribiert, sowie in einzelne mitvokalisierte Gedanken segmentiert (Green & Gilhooly, 2002). Anschließend wurden alle Transkriptsegmente mit einem induktiv am Material entwickelten Kategoriensystems (κ_{Inter}=.70; κ_{Intra}=.87) codiert (Schreier, 2014), die prozentuellen Codehäufigkeiten je Lehrkraft bestimmt und schließlich mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests Medianvergleiche dieser Codehäufigkeiten vorgenommen.

Zentrale Befunde
Durch das beschriebene Analyseverfahren konnten in den erhobenen Daten zwei bemerkenswerte Muster identifziert werden, die auf die Art und Weise schließen lassen, wie die Teilnehmer_innen unserer Studie sprachliche Merkmale der Schülertexte während ihrer laut-denkenden Korrekturarbeit beurteilten.
Muster 1 zeigt sich in den medianen prozentuellen Häufigkeiten, in denen die Teilnehmer_innen sprachliche Merkmale verschiedener Schülertexte beurteilten. Wie in der linken Hälfte von Abbildung 1 dargestellt, zeigt sich ein moderat ausgeprägter Medianunterschied in der Häufigkeit, in der die Teilnehmer_innen sprachliche Merkmale von Schülertext D und A beurteilten und ein stark ausgeprägter Medianunterschied zwischen sprachbezogenen Beurteilungen, die sich auf Schülertext B und C beziehen. Das Besondere an diesem Muster ist, dass sich Schülertext D und A bzw. B und C nicht hinsichtlich der Qualität ihrer sprachlichen Realisierung voneinander unterscheiden. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer fachlich-konzeptuellen Qualität. Dementsprechend weisen die eben beschriebenen Medianunterschiede darauf hin, dass die Teilnehmer_innen unserer Studie sprachliche Merkmale eines Schülertextes insbesondere dann beurteilten, wenn ein Text auch ihren fachlich-konzeptuellen Erwartungen entsprach.
Muster 2 hingegen zeigt sich in den medianen prozentuellen Häufigkeiten, in der sich die Teilnehmer_innen zu sprachlichen bzw. fachlich-konzeptuellen Merkmalen der Schülertexte positiv, negativ oder neutral äußerten. Wie aus der rechten Hälfte von Abbildung 1 hervorgeht, äußerten sich die Teilnehmer_innen zu fachlich-konzeptuellen Merkmalen der Schülertexte überwiegend positiv, wohingegen sie sich hinsichtlich sprachlicher Merkmale vor allem negativ äußerten. Hier zeigen sich also eindeutige Hinweise darauf, dass die Teilnehmer_innen ihrer Beurteilung fachlich-konzeptueller Textmerkmale an (mutmaßlich) bereits vorhandenen fachlichen Fähigkeiten und Wissensbeständen der Schüler_innen

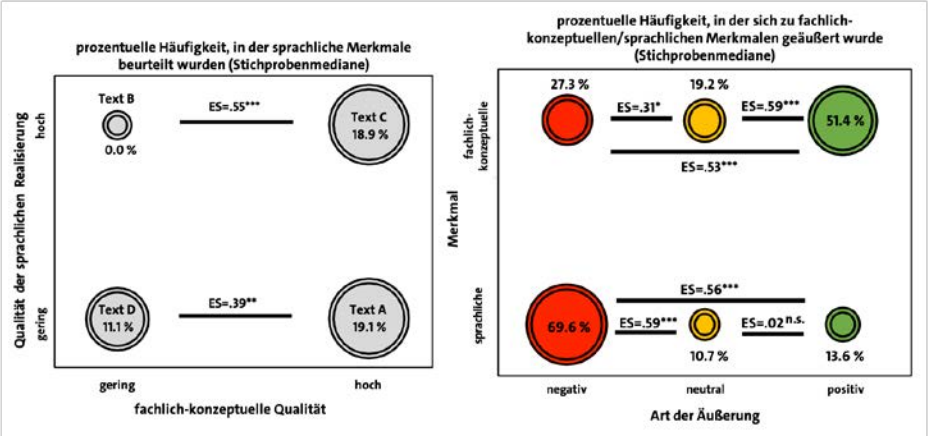


Abb. 1: *Zentrale Befunde aus der Analyse der Laut-Denk-Daten ($^{n.s.}$: $p > .05$; **: $p \leq .01$; ***: $p \leq .001$; Wilcoxon Vorzeichen-Rang-Test; $ES \geq .10$: schwacher Effekt; $ES \geq .30$: moderater Effekt; $ES \geq .50$: starker Effekt).*

orientierten, wohingehen sie sprachliche Merkmale der Schülertexte in einer defizitorienterten Art und Weise beurteilten.

Zusammenfassung und Diskussion

Die von uns durchgeführte Studie führte zu dem Befund, dass die teilnehmenden Physiklehrkräfte den Sprachgebrauch von Schüler_innen im Rahmen einer Klassenarbeit in erster Linie dann beurteilten, wenn ein Schülertext auch ihren fachlich-konzeptuellen Erwartungen entsprach. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Beurteilung sprachlicher Schülertextmerkmale durch die Teilnehmer_innen unserer Studie defizitorientiert erfolgte. Insgesamt deuten diese Befunde darauf hin, dass die Teilnehmer_innen unserer Studie möglicherweise nicht ausreichend über professionelles Wissen und Können verfügen, um in einer Klassenarbeit den Sprachgebrauch von Schüler_innen ausbalanciert und ressourcenorientert beurteilen zu können. Fachdidaktische Forschung, die sich mit der Konzeption von evidenzbasierten Aus- und Weiterbilungsmaßnahmen für (angehende) Physiklehrkräfte zum Thema „Leistungsbeurteilung in der Fachunterricht“ befasst, sollten u. E. diese Befunde berücksichtigen.

Unsere explorative Studie hat allerdings eine Vielzahl an Limitationen. Zu nennen sind insbesondere die kleine Stichprobengröße und dass die Teilnehmer_innen unserer Studie lediglich gebeten wurden Schülerlösungen zu einer bestimmten Klassenarbeitsaufgabe zu korrigieren. Aus diesem Grund ist in jedem Fall weitere fachdidaktische Forschung erfolderlich, um die Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit unserer Befunde zu überprüfen.

Literatur

Airey, J. (2012). “I don’t teach language”. The linguistic attitudes of physics lectures in Sweden. *AILA Review*, *25 (1)*, 64–79.

Feilke, H. (2012). Schulsprache – Wie Schule Sprache macht. In S. Günther, W. Imo, & D. Meer, J.G. Schneider (Hrsg.), *Kommunikation und Öffentlichkeit. Sprachwissenschaftliche Potenziale zwischen Empirie und Norm* (pp. 151-175). Berlin: De Gruyter.

Feser, M. S., Höttecke, D., & Ehmke, T. (2016). Testitems zur qualitativen Untersuchung der Ressourcen von Physiklehrkräften beim Bewerten schriftlicher Schülerleistungen. *PhyDid B – Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung,* http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/download/677/819 (09.10.2019).

Feser, M. S. & Höttecke, D. (2017). Klassenarbeiten kriteriengeleitet korrigieren – Wie beurteile ich eine Schülererklärung? *Unterricht Physik*, *158*, 15–18.

Green, C. & Gilhooly, K. (2002). Protocol analysis: practical implementation. In J. T. E. Richardson (Ed.), *Handbook of Qualitative Research Methods for Psychology and the Social Sciences* (reprint, pp. 55–74). Oxford: Blackwell Publishing.

Höttecke, D., Feser, M. S., Heine, L., & Ehmke, T. (2018). Do Linguistic Features Influence Item Difficulty in Physics Assessments? *Science Education Review Letters*, *2018*, 1–6.

Luykx, A., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2007). Cultural and Home Language Influences on Children’s Responses to Science Assessments. *Teachers College Record*, *109 (4)*, 897–926.

Lyon, E. G. (2013). What about language while equitably assessing science?: Case studies of preservice teachers’ evolving expertise. *Teaching and Teacher Education*, *32*, 1–11.

Rincke, K. & Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–48). Berlin: Springer Spektrum.

Schreier, M. (2014). Quantitative Content Analysis. In U. Flick (Ed.), *The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis* (pp. 170–181). London: Sage Publications Ltd.

Schleppegrell, M. J. (2004). *The Language of Schooling. A Functional Linguistics Perspective.* New York: Routledge.

Tajmel, T. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer VS.

Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Buckingham: Open University Press.

Nele Kroll Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Perspektiven von Schüler*innen auf Mehrsprachigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht

Problemaufriss

Obwohl sich naturwissenschaftsdidaktische Forschung in den vergangenen Jahren vermehrt mit dem Einfluss von Sprache beim fachlichen Lehren und Lernen auseinandersetzt (für einen Überblick vgl. Rincke & Markic, 2018), wird Mehrsprachigkeit im deutschsprachigen Raum bisher meist lediglich als Beispiel sprachlicher Heterogenität problematisiert (vgl. Pineker-Fischer, 2015, S. 25). Studien bezüglich eines möglichen Umgangs mit schüler*innenseitiger Mehrsprachigkeit erfolgt eher defizitorientiert und fokussiert auf die Förderung der deutsch(-fach-)sprachlichen Fähigkeiten oder auf die Reduzierung schwierigkeitserzeugender sprachlicher Merkmale. Gleichzeitig finden Ansätze eines didaktischen Einbezugs gesamtsprachlicher Repertoires zweisprachiger Schüler*innen[1] im naturwissenschaftlichen Unterricht keine Berücksichtigung in der deutschsprachigen Forschung (vgl. Krabbe, Härtig & Ralle, 2019, S.46). Angesichts des monolingual geprägten Schulsystems, in dem ausschließlich die Unterrichtssprache (i. d. R. Deutsch, ggf. ergänzt durch zu erlernende Fremdsprachen) als legitim gilt (z. B. Gogolin, 1994, 2017; Dlugaj & Fürstenau, 2019), ist diese wissenschaftliche Ausrichtung kaum verwunderlich. Hinsichtlich der Bedeutsamkeit alltagssprachlicher Aushandlung fachlicher Konzepte im Lernprozess (z. B. Muckenfuß, 1995; Rincke, 2007; Tajmel, 2017) bleibt somit jedoch zweisprachigen Schüler*innen die Nutzung eines bedeutsamen Teils ihrer alltagssprachlichen Ressourcen im schulischen Lernprozess verwehrt.

Forschungsstand

Analysen mehrsprachiger Interaktionen in videografiertem Unterricht verweisen darauf, dass die Nutzung des gesamtsprachlichen Repertoires zweisprachiger Schüler*innen wichtige Funktionen im Lernprozess erfüllt. So wird das gesamtsprachliche Repertoire beispielsweise genutzt, um Verbindungen zu Alltagserfahrungen herzustellen, Verstehenslücken zu schließen und kognitiv anspruchsvolle Aufgaben zu bearbeiten (z. B. Duarte, 2019; Karlsson, Nygård Larsson & Jakobsson, 2018). Die monolinguale Ausrichtung des Schulsystems lässt eine die Aktivierung des gesamtsprachlichen Repertoires zweisprachiger Schüler*innen hemmende Wirkung erwarten (vgl. Schüler-Meyer, Prediger, Wagner & Weinert, 2019, S. 3). Eine Untersuchung von Implikationen einer Aktivierung der gesamtsprachlichen Repertoires zweisprachiger Schüler*innen im regulären Unterricht scheint daher sinnvoll. Daraus resultierende Erkenntnisse können sowohl weiterer Grundlagenforschung (z. B. systematische Untersuchung von Effekten mehrsprachiger Interaktionen auf den Lernfortschritt in multilingualen Settings), als auch der Planung unterrichtlicher Maßnahmen zur Aktivierung der gesamtsprachlichen Repertoires zweisprachiger Schüler*innen dienen.

Forschungsfrage

Angesichts des dargestellten Forschungsstandes ergibt sich zunächst die Frage:
*Was hemmt zweisprachige Schüler*innen in der Nutzung ihres gesamtsprachlichen Repertoires im naturwissenschaftlichen Unterricht?*
Im Rahmen einer explorativen Studie werden daher die Perspektiven von Schüler*innen auf mehrsprachige Interaktionen im Physikunterricht (PU) untersucht.

[1] „Zweisprachige Schüler*innen“ soll hier vereinfachend alle Schüler*innen bezeichnen, die im Alltag mehr als eine Sprache (z. B. neben Deutsch noch Türkisch, Polnisch oder Mandinka) funktional nutzen.

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein exploratives Design eingesetzt, das sich während des Forschungsvorhabens und im Lichte von Befunden weiter ausdifferenziert. Eine erste ethnografisch basierte Teilstudie wurde im Nov./Dez. 2018 durchgeführt. Hierfür wurde in der 10. Klasse einer sozio-ökonomisch heterogenen Stadtteilschule in Hamburg 4x 90-minütiger PU teilnehmend beobachtet. Die zugehörige Lehrperson hatte im Vorfeld erklärt, auch andere Sprachen als Deutsch im beobachteten PU zulassen zu wollen. Flankierend zur teilnehmenden Beobachtung wurden vor der ersten, nach der zweiten und nach der letzten Unterrichtsbeobachtung leitfadengestützte Gruppeninterviews mit Schüler*innen geführt. Dabei erfolgte eine Einteilung der Interviewgruppen basierend auf der Annahme, dass die Perspektiven der Schüler*innen auf mehrsprachige Interaktionen im Unterricht mit ihren jeweiligen im Alltag genutzten Sprachen zusammenhängen. Die Gruppeneinteilung basiert auf einer Selbstauskunftsskala den alltäglichen Sprachgebrauch betreffend und führte zu drei Gruppen: einsprachige Schüler*innen (*Mono*), zweisprachige Schüler*innen mit bzw. ohne Mitschüler*innen mit den gleichen Alltagssprachen in der Klasse (*MultiP* bzw. *MultiA*). Um auch von den Schüler*innen nicht explizierbare Wissensgehalte erfassen zu können, werden die Interviews mit der Dokumentarischen Methode (DM) analysiert (vgl. Przyborski, 2004). Zentrale Aspekte der DM bestehen in einer getrennten Analyse vom (1) immanenten und (2) dokumentarischen Sinngehalt sowie der (3) komparativen Analyse. Dabei lässt sich (1) unmittelbar aus den expliziten Äußerungen ableiten und ist grundsätzlich überprüfbar, während (2) unter Betrachtung der genauen Formulierung der Äußerungen sowie Berücksichtigung ihres Entstehungszusammenhangs rekonstruiert wird. Derweil dient (3) zur Identifizierung empirischer Muster und der Kontrolle des subjektiven Standpunktes der Wissenschaftler*innen mittels systematischer fallinterner und fallübergreifender Vergleiche (vgl. ebd., Kap. 1).

Exemplarische Analyse

Zur Illustration des Vorgehens bei der Analyse wird hier nur exemplarisch dargelegt, wie auf der Ebene des immanenten Sinngehalts der Äußerungen von den Schüler*innen ihre Perspektiven auf mehrsprachige Interaktionen im Unterricht, sowie damit einhergehende mögliche Hemmnisse zweisprachiger Schüler*innen bei der Nutzung ihres gesamtsprachlichen Repertoires herausgearbeitet werden. Dabei wird darauf eingegangen, wer aus Perspektive der Schüler*innen von Mehrsprachigkeit im Unterricht profitieren könnte und welche Umstände als mehr oder weniger hilfreich für eine Nutzung anderer Sprachen als Deutsch beschrieben werden. Auf die genaue Formulierung der Äußerungen wird hier nur sehr oberflächlich eingegangen. Während des Interviews konnten die Interviewten nach eigenem Ermessen eine neue Fragekarte aufdecken und auf diese Weise die Beantwortung der vorangegangenen Frage beenden. Im Folgenden beschränken wir uns auf Äußerungen, die unmittelbar auf die Fragestellung folgten, wem es helfen könne im PU auch andere Sprachen als Deutsch sprechen zu dürfen.

*Schüler*innenperspektiven auf mögliche Profiteur*innen von mehrsprachigen Interaktionen*

Als von einer Nutzung anderer Sprachen als Deutsch profitierende Akteur*innen wird von den *MultiA* eine Personengruppe benannt, nämlich *die Türken* bzw. *die, die Türkisch sprechen*[2]. Dahingegen benennen die *Mono* zunächst konkrete, nämlich Deutsch-Türkisch sprachige Klassenkamerad*innen und stellen einen Zusammenhang mit deren vermeintlicher Sprachbiographie her (die seien *mit ihrer Muttersprache groß geworden*). Anschließend wird auch hier eine Personengruppe benannt nämlich *die Türken unserer Klasse*. Auch die *MultiP* benennen eine Personengruppe als profitierend nämlich *Flüchtlinge*. Dies wird damit begründet, dass diese *nicht so lange in Deutschland lebten*. Ähnlich den *Mono* wird auch hier auf die Biographie dieser Schüler*innengruppe und nicht z. B. auf ihre aktuelle Sprachpraxis verwiesen,

[2] Besonders nahe am Wortlaut gehaltene Formulierung sind *kursiv* gesetzt.

was als Relevanzsetzung der privaten Sphäre und der Schüler*innenbiographie gelesen werden kann. Es fällt besonders auf, dass alle Interviewgruppen als Profiteur*innen mehrsprachiger Interaktionen jeweils Personengruppen benennen, denen sie selbst nicht angehören. Sich selbst nimmt demnach keine der Gruppen so wahr, als könnten sie von Mehrsprachigkeit im PU profitieren. Deryas (*MultiP*) Äußerung, ihr *reiche nur Deutsch*, unterstreicht dies exemplarisch. Obwohl ein grundsätzlicher Nutzen von Mehrsprachigkeit im Unterricht also nicht bestritten wird, wird dieser Nutzen nur Anderen attestiert, man selbst grenzt sich ab. Dies weist auf eine mögliche Stigmatisierung des Gebrauchs einer anderen Sprache als Deutsch im Unterricht hin, die mit der privaten Sphäre (*zu Hause*) und der Biographie verbunden sein kann. Die monolinguale Sprachnorm der Schule scheint stark verinnerlicht zu sein.

Hilfreiche bzw. als nicht sinnvoll angesehene Umstände
Von den *MultiA* werden zwei Situationen benannt, in denen die Nutzung anderer Sprachen als Deutsch hilfreich sein könnte. Zum einen könnten Schüler*innen, die etwas nicht verstehen, es nochmal (*auf Türkisch*) *erklärt bekommen*; zum anderen könnte *jemand Gutes* etwas Verstandenes *den Anderen im Jugendslang erklären*. Zusätzlich fallen mit Blick auf die Formulierungen abhängig von der benannten Sprache unterschiedliche Perspektiven auf: Obwohl die Erklärung auf Türkisch oder in Jugendslang der Kompensation mangelnder (fachlicher) Verstehensleistung dienen, wird die Nutzung von Türkisch eher defizit-, die von Jugendslang ressourcenorientiert formuliert (eine erneute Erklärung wird benötigt vs. eine erneute Erklärung kann gegeben werden). Im Gegensatz zu den *MultiA* verweisen die anderen beiden Interviewgruppen explizit auf sprachliche Fähigkeiten. Dabei thematisieren die *Mono* sprachliche Fähigkeiten zunächst vergleichend zwischen Deutsch und einer anderen, *besser gekonnten Sprache*. Nach Benennen der Deutsch-Türkischsprachigen Klassenkamerad*innen (s. o.) verweisen sie darauf, dass *allen anderen* die Nutzung anderer Sprachen als Deutsch nicht helfen würde, weil sie es *nicht nötig* oder keine möglichen Gesprächspartner*innen in der anderen Sprache hätten. Die *MultiP* hingegen äußern sich zunächst über sprachliche Fähigkeiten im Deutschen, die an ihre Grenzen stoßen: Deutsch werde *nicht so gut verstanden* und es gebe *Probleme*, etwas Bestimmtes *richtig auf Deutsch zu sagen*. Anschließend wird hinzugefügt, dass man sich *auf der Muttersprache besser verständigen* und *im Unterricht weiterkommen* könne. Schließlich wird noch auf Personen verwiesen, denen *ein Wort nicht sofort einfalle* und die – wie auch der Sprechende selbst – *zwei Sprachen miteinander verbinden*.
Insgesamt werden mehrsprachige Interaktionen also mit defizitären sprachlichen Fähigkeiten im Deutschen in Zusammenhang gebracht. Gleichzeitig werden durch zweisprachige Schüler*innen Sprachmischungen (zu denen auch der *Jugendslang* zählt) als gewöhnlich, sowie prinzipiell selbst nutzbare Sprachhandlungen (*MultiA*: *etwas im Jugendslang erklären*; *MultiP*: *im Unterricht auf der Muttersprache verständigen*) als Ressource dargestellt. Dies verweist auf eine Spannung zwischen ressourcenorientierten Selbst- und defizitorientierten Fremdzuschreibungen bezogen auf die Nutzung anderer Sprachen als Deutsch im PU.

Fazit
Die dargelegte exemplarische, komparative Analyse von Gruppeninterviews mit Schüler*innen bezüglich der Frage, wem es helfen könne, im PU auch andere Sprachen als Deutsch sprechen zu dürfen, lassen auf hemmende Phänomene schließen: (1) Die Nutzung einer anderen Sprache als Deutsch wird als gruppenbezogenes Phänomen beschrieben, das nur „die Anderen“ betrifft. (2) Den Gruppen werden bestimmte Eigenschaften zugeschrieben (z. B. zeitliche Entwicklungen in der privaten Sphäre). (3) Die Nutzung anderer Sprachen als Deutsch wird mit Defiziten sprachlicher Fähigkeiten im Deutschen in Verbindung gebracht. Zusammengenommen lässt sich auf eine Stigmatisierung mehrsprachiger Interaktionen im PU schließen, welche zweisprachige Schüler*innen selbst im Fall einer Freigabe der Sprachwahl durch die Lehrperson in der Nutzung ihrer gesamtsprachlichen Repertoires hemmen könnte.

Literatur

Dlugaj, J. & Fürstenau, S. (2019). Does the use of migrant languages in German primary schools transform language orders? Findings from ethnographic classroom investigations. *Ethnography and Education, 14* (3), 328-343.

Duarte, J. (2019). Translanguaging in mainstream education: a sociocultural approach. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism, 22* (2), 150-164.

Gogolin, I. (2017). Ist Mehrsprachigkeit gut oder schlecht? Ein Standpunkt in einer vielleicht nie endenden Kontroverse … *Zeitschrift für Grundschulforschung, 10* (2), 102-109.

Gogolin, I. (1994). *Der monolinguale Habitus der multilingualen Schule*. Münster: Waxmann.

Karlsson, A., Nygård Larsson, P. & Jakobsson, A. (2018). Multilingual students‘ use of translanguaging in science classrooms. *International Journal of Science Education*.

Krabbe, H., Härtig, H. & Ralle, B. (2019). Bericht von der 1. Interdisziplinären Schwerpunkttagung „Sprache in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernprozessen“. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, 40-47.

Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.

Pineker-Fischer, A. (2015). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache*. Wiesbaden: Springer.

Przyborski, A. (2004). *Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen*. Wiesbaden: Springer.

Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*. Berlin: Logos.

Rincke, K. & Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer.

Schüler-Meyer, A., Prediger, S., Wagner, J. & Weinert, H. (2019). Bedingungen für zweisprachige Lernangebote. Videobasierte Analysen zu Nutzung und Wirksamkeit einer Förderung zu Brüchen. *Psychologie und Erziehung im Unterricht, 66* (Preprint Online).

Tajmel, T. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer.

Agnes Szabone Varnai Universität Paderborn
Fabian Sterzing
Peter Reinhold

Motive und Verhalten bei der Nutzung von Erklärvideos

Ausganglage

Die Veranstaltung „Physikalische Grundlagen“ für das Fach Sachunterricht beinhaltet ein Praktikum, bei dem Bachelorstudierenden des Sachunterrichts in 3er-Gruppen experimentelle Aufgaben auf Mittelstufenniveau bearbeiten. Um das Praktikum didaktisch wirkungsvoller zu gestalten, wurden kurze Erklärvideos[1] im Sinne des didaktischen Ansatzes Cognitive Apprenticeship (Collins et al., 1989) erfolgreich eingesetzt (Szabone Varnai & Reinhold 2018). Hierbei konnten verschiedenes Nutzungsverhalten bei der Betrachtung der Erklärvideos beobachtet werden. Um die Feldbeobachtungen beim Einsatz von Erklärvideos in der Lehrveranstaltung systematisch zu vertiefen, wurden im WS 18/19 die dem jeweiligen Nutzungsverhalten zugrundeliegenden Motive von 160 Studierenden mithilfe eines Fragebogens erhoben und analysiert. Im Beitrag werden die Entwicklung des Fragebogens und die Ergebnisse zu folgenden Fragen zum Nutzungsverhalten untersucht:
(F1) Welche typischen Vor- und Nachteile hat der Einsatz von Erklärvideos in der Veranstaltung aus studentischer Sicht?
(F2) Lassen sich unterschiedliche Typen beim Nutzen von Erklärvideos außerhalb der Veranstaltung feststellen?
(F3) Nehmen diese unterschiedlichen Nutzungstypen den Einsatz von Erklärvideos in der Veranstaltung unterschiedlich wahr?
Im Weiteren werden die einzelnen Fragen näher betrachtet.

Vor- und Nachteile des Einsatzes von Erklärvideos aus studentischer Sicht

Bei der Gestaltung der hier eingesetzten Erklärvideos wurden folgende fachdidaktische Überlegungen bei der Elementarisierung (Reinhold 2006) und Grundsätze multimedialen Lernens (Mayer, 2002 und Schnotz, 2001) berücksichtigt: die Videos erhalten in der Vorlesung benutzte Erklärungsansätze, setzen am Vorwissen der Studierenden an, vermitteln konkrete Strategien bei der praktisch-technischen Durchführung, steigern die Abstraktion schrittweise, machen Arbeitsschritte z. B. ein paralleles Anfertigen eines Forscherbuches im Video deutlich, und sie bieten zusammengehörige Informationen zeitlich-räumlich simultan dar. Die Informationen wurden zudem kurz und motivierend gestaltet, um frühzeitiges Wegschauen (Illusion des Verstehens (Baker, 1985)) zu vermeiden.
Um zu untersuchen, ob die genannten theoretischen Aspekte aus studentischer Sicht überhaupt wahrgenommen werden oder ob eher ganz andere Aspekte beim Einsatz von Erklärvideos eine wichtige Rolle spielen, wurden am Ende des WS 2017/2018 kurze Gruppeninterviews (in den jeweiligen Praktikumsgruppen) mit den Studierenden geführt. Gefragt wurde: „*Diskutieren Sie den Einsatz der Erklärvideos beim Experimentieren anhand ihrer Erfahrung in der Veranstaltung“,* und *„Hat sich Ihre Betrachtungsweise im Laufe der Veranstaltung geändert?“.* Die Interviews wurden transkribiert, die inhaltstragenden Textstellen paraphrasiert und reduziert. Entstanden sind daraus 37 Items, wie z. B. *„Ich habe im Laufe des Semesters bemerkt, dass ich zeitlich effektiver arbeiten kann, wenn ich die Videos am Anfang schaue.“* Die Items wurden mit einer vierstufigen Likert-Skala von „trifft nicht zu“ bis „trifft genau zu“ versehen.
Randdaten der Probanden: Den Fragebogen haben 160 Studierenden ausgefüllt, davon 31 männliche und 129 weibliche Studierende. Das Durchschnittsalter beträgt 21 Jahre (SD 3

[1] Online verfügbar unter: https://physik.uni-paderborn.de/reinhold/paderborner-videos/erklaervideos/

Jahre). 76 % von ihnen haben Physik vor dem Abitur abgewählt. Der Durchschnittswert der letzten Physiknote beträgt 2,57 (SD=0,83) und der Abiturnote 2,28 (SD=0,45).
Ergebnisse: Mittels explorativer Faktorenanalyse lassen sich als Vor- und Nachteile des Einsatzes unserer Erklärvideos aus studentischen Sicht die folgenden drei Aspekte finden: Faktor 1 (6 Items, α= 0.77) – „**zeitliche Effektivität**“ (Beispielitems *„Ich habe die Videos angeguckt, um in einer kurzen Zeit eine gute Grundlage zu bilden und dann selbst experimentieren bzw. eigene Ideen nachgehen zu können.“*), Faktor 2 (5 Items, α= 0.75) – „**multimediale Gestaltung**“ ((Beispielitems *„Mich hat das beim Lernen unterstützt, dass die gesprochenen Erklärungen simultan zum Vormachen enthalten waren.“*) und Faktor 3 (4 Items, α= 0.65) – „**Sicherheit beim Experimentieren**“ ((Beispielitems *„Die Videos sind hilfreich, um Fehler beim Experimentieren zu finden und zu beheben.“*). Die gefundenen Faktoren wurden mit konfirmatorischer Faktorenanalyse (χ^2=111.824, df= 60.000, χ^2/df = 1.864, p= 0.000, cfi= 0.909, rmsea= 0.075) überprüft.

Studentische Nutzungstypen von Erklärvideos
Zur Bildung unterschiedlicher Typen beim der Nutzung von Erklärvideos außerhalb der Veranstaltung wurde bei der Itementwicklung auf das integrierte Handlungsmodell nach Rost (1997) und die Studie von Senkbeil (2004) zurückgegriffen (Abb.1).

Abb. 1 Integriertes Handlungsmodell (Rost 1997), hier ohne Phase der Volition). Adaption auf Computer (Senkbeil 2004) bzw. Erklärvideonutzung.

Nach diesem Handlungsmodell kann eine studiumsbezogene Nutzung von Erklärvideos erst dann stattfinden, wenn in der Motivationsphase z. B. ein extrinsisches Motiv wie wahrgenommene Nützlichkeit entsteht und sich danach in der Intentionsphase bei den Studierenden eine Erwartung auf einen Kompetenzzuwachs ausbildet.
In der vorliegenden Studie wurden 16 Items entwickelt, z. B.: *„Erklärvideos sind in der heutigen Zeit etwas sehr Wichtiges“*. Die Items wurden mit einer vierstufigen Likert-Skala von „trifft nicht zu“ bis „trifft genau zu“ versehen.
Ergebnisse. Mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse (χ^2=64.115, df= 33.000, χ^2/df = 1.944, p= 0.001, cfi= 0.896, rmsea= 0.079) lassen sich folgende drei theoretisch postulierte Faktoren bestätigen: Faktor 1 (5 Items, α= 0.80) – „**studiumbezogene Nutzung**“ (Beispielitems *„Ich nutze Erklärvideos, um Vorlesungsinhalte nachzuarbeiten.“*), Faktor 2 (1 Item) – „**freizeitbezogene Nutzung**“ ((Beispielitems *„Ich nutze Erklärvideos für private Zwecke, um Handlungen nachzuvollziehen (z. B. Spieletutorials, Bastel- oder Bauanleitungen, Kochtutorials, Schminkvideos.“*) und Faktor 3 (5 Items, α= 0.63) – „**Motivation und Intention**“ ((Beispielitems *„Durch das Benutzen von Erklärvideos kann ich vieles schneller und besser bewerkstelligen als ohne Videos.“*). Nachdem der Fragebogen als theoriekonform bestätigt wurde, wurden bei den Studierenden mittels K-Means Clusteranalyse über den drei Faktoren vier Nutzungstypen identifiziert (Abb.2): Der **Enthusiast** und **Pragmatiker** haben beide gut ausgeprägte Motivation und Intention, Erklärvideos zu nutzen. Während der Enthusiast diese sowohl freizeitbezogen als auch studiumsbezogen nutzt, verwendet der Pragmatiker sie hauptsächlich für den Zweck Studium. Im Vergleich dazu sind Motivation und Intention beim **Spaßnutzer** und beim

Unerfahrenen deutlich weniger vorhanden. Während ein Spaßnutzer Erklärvideos freizeitbezogen nutzt, verwendet der Unerfahrene sie weder in der Freizeit noch im Studium.

	Cluster M(SD)			
Faktoren	1 Pragmatiker (N= 47)	2 Unerfahrene (N= 35)	3 Spaßnutzer (N= 19)	4 Enthusiast (N= 52)
Studiumbezogene Nutzung	2,26 (0,47)	0,72 (0,46)	0,79 (0,47)	2,30 (0,48)
Freizeitbezogene Nutzung	0,47 (0,50)	0,37 (0,49)	2,26 (0,45)	2,40 (0,50)
Motivation und Intention	2,16 (0,36)	1,83 (0,49)	1,93 (0,52)	2,20 (0,37)

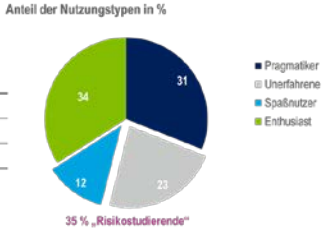


Abb. 2 Ergebnisse der Clusteranalyse. Kruskal-Wallis-H-Test und Post-Hoc-Tests bestätigen signifikanten Unterschied.

Bei der prozentualen Verteilung der Nutzungstypen ist zu beachten, dass 35 % aller Studierende als **„Risikostudierende"** (Unerfahrene und Spaßnutzer) einzustufen sind, da sie in der Lehrveranstaltung beim Lernen mittels Erklärvideos aufgrund ihrer Vorerfahrungen weniger motiviert sind (ähnlich wie beim Senkbeil (2004), der zwei von den vier Computernutzungstypen als „Risikoschüler" identifiziert hat).

Risikostudenten als Nutzungstyp

Es stellt sich die Frage, ob die hier gefundenen unterschiedlichen Nutzungstypen aufgrund ihrer Vorerfahrungen zu Hause den Einsatz von Erklärvideos in der Lehre unterschiedlich wahrnehmen. Dazu wurde mittels asymptotischen Mann-Whitney-U-Test „Risikostudierende und keine Risikostudierende" in ihrem Antwortverhalten bei der Beurteilung der für die Veranstaltung entwickelten Erklärvideos miteinander verglichen.

	Faktoren M(SD)		
Nutzungstypen	zeitliche Effektivität	multimediale Gestaltung	Sicherheit beim Experimentieren
Risikostudierende	2,20 (0,60) N= 52	2,20 (0,61) N= 51	2,38 (0,51) N= 53
keine Risikostudierende	2,43 (0,44) N= 95	2,45 (0,39) N= 94	2,52 (0,44) N= 96

Abb. 3 Ergebnisse der asymptotische Mann-Whitney-U-Test: ***zeitliche Effektivität*** *U = 1.945, p = .032; Cohen´s d=0.46 (kleiner Effekt nach Cohen; Zone of desired effects nach Hattie (2014));* ***multimediale Gestaltung*** *U = 1.809, p = .014; Cohen´s d=0.538 (mittlerer Effekt nach Cohen; Zone of desired effects nach Hattie);* **Sicherheit beim Experimentieren**: kein signifikanter Unterschied.

Es wurde dabei festgestellt, dass „Risikostudierende" Erklärvideos bezüglich der Aspekte „zeitliche Effektivität" und „multimediale Gestaltung" weniger vorteilhaft (s. Abb. 3) beurteilen als Pragmatiker oder Enthusiasten, die diese Art des Lernens offensichtlich für sich bereits entdeckt haben.

Ausblick

Im Weiteren soll untersucht werden, ob die unterschiedlichen Nutzungstypen sich auch im Lernerfolg unterscheiden. In dem Projekt von Fabian Sterzing[2] soll systematisch untersucht werden, wie die didaktische bzw. die multimediale Gestaltung von Erklärvideos den Lernerfolg von Schülern im Physikunterricht beeinflusst.

[2] Weitere Hinweise finden Sie bei Sterzing, F., Szabone Varnai, A. und Reinhold, P. (2020). Zur Wirkung von Erklärvideos im Physikunterricht. Planung und Konzeption einer Studie. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40.

Literatur

Baker L. (1985). How do we know when we don't understand? Standards for evaluating text comprehension. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & TG. Waller (Eds.), Metacognition, Cognition, and human Performance. Vol. 1: Theoretical perspectives (pp. 155-205). Orlando: Academic Press.

Collins A., Brown J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Hattie J. A. C. (2014). Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von "Visible learning for Teachers", besorgt von Wolfgang Beywl und Klaus Zierer. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Mayer R. E. (2002). Multimedia Learning. The Psychology of Learning and Motivation, Vol. 41, 85-139.

Reinhold, P. (2006). Elementarisierung und Didaktische Rekonstruktion. In H. Mikelskis, Hrsg., Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (pp. 86-101). Berlin. Cornelsen Scriptor

Rost, J. (1997). Theorien menschlichen Umwelthandelns. In: G. Michelsen (Hrsg), Umweltberatung. Grundlagen und praxis (55-62). Economica Verlag.

Schnotz W. (2001). Lernen aus Beispielen: Ein handlungstheoretischer Rahmen (Kommentar). Unterrichtswissenschaft, 29(1), 88-95.

Senkbeil, M. (2004). Typen der Computernutzung. Identifizierung einer Schülertypologie und ihre Bedeutung für das Lernen. Studien Verlag.

Szabone Varnai, A. & Reinhold, P. (2018) Experimentelle Praktika mit Erklärvideos optimieren. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018, S. 360 – 363.

Reichel Erich[1] [1]Pädagogische Hochschule Steiermark
Sattler Sabine[2] [2]Die Industrie, Steiermark

Physik mal anders – Kompetenzförderung durch Lernvideos

Lernvideo vs. Erklärvideo

Im Internet wird eine Vielzahl von Lernvideos unterschiedlicher Gestaltung angeboten. Doch vielfach stellt sich die Frage–unabhängig von der Ausführungsqualität der Videos–ob sie sich wirklich zum Lernen eignen? Und kann die Beschäftigung mit diesen Videos Kompetenzförderung bewirken? Oft sind diese Videos reine Erklärvideos, die die Lernenden in die Rolle des passiven Beobachters treiben.

In der Literatur findet man mögliche Einsätze von Lern bzw. Erklärvideos, wie z.B. Heimwerkervideos, die schnelles Wissen vermitteln sollen, oder den Einsatz im regulären Unterricht zur Darstellung und Illustrierung von schwer zugänglichen Inhalten, oder die selbstständige Erstellung von Erklärvideos durch die Lernenden, oder für Blended learning Ansätze. (Schön & Ebner, 2013, S. 12).

Kompetenzorientierung durch Videos

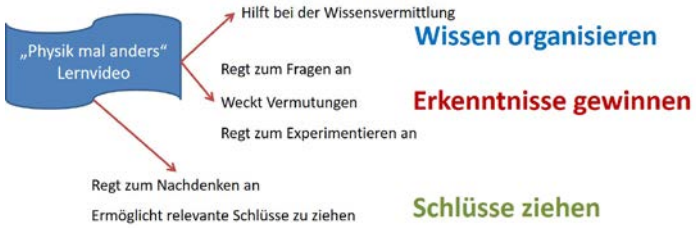


Abb.1 Kompetenzförderung durch Videos

Kompetenzmodelle sind unverzichtbare Grundlage für die Gestaltung eines lernfördernden Physikunterrichts. Abb.1 zeigt die Möglichkeiten der kompetenzfördernden Aktivierung der Lernenden auf Basis des österreichischen Kompetenzmodells „Nawi 8“ durch Videos (Kompetenzmodell Nawi 8, 2011). Warum sollte ein Video nicht auch die Förderung der Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung bei den Lernenden auslösen? Bei geeigneter Gestaltung des Videos ist es sogar möglich, Experimentieren anzuregen, damit getroffene Vermutungen auch bewiesen werden können.

Durch diese Videos wird auch ein Einstieg in unterschiedliche Phasen des Forschenden Lernens ermöglicht. Und sie erlauben auch die Öffnung des Unterrichts in seinen unterschiedlichen Ausprägungen. (Bonnstetter, 1998)

Konzeption der Videos und ihre Produktion

Wir haben aus dieser Idee heraus, im Rahmen von „Physik mal anders“, die Form zweigeteilter Videos gewählt. Der erste Teil führt die Lernenden in eine Situation, die unterschiedliche Kompetenzen, z.B. die Fragekompetenz, ansprechen. Das Fragevideo bietet genug Information, die enthaltene Herausforderung zu lösen. Sie regen aber auch an, notwendige weitere Informationen zu recherchieren. Des Weiteren ermöglicht es auch die Entwicklung von Experimenten, ohne diese explizit im Video vorzuzeigen. Das Antwortvideo enthält eine kurz gefasste Erklärung. Inhaltlich widmen sich die Videos

abgegrenzter physikalischer Inhalte, die in ansprechender Form mit unterschiedlichen Stilmitteln gestaltet sind und schülernahe Kontexte einbinden.

Die Produktion der „Physik mal anders“ Videos in ausreichender Qualität ist ein längerfristiges Vorhaben. Im Rahmen einschlägiger fachdidaktischer Lehrveranstaltungen an der Pädagogischen Hochschule Steiermark wird den Studierenden angeboten Unterrichtssequenzen zu entwickeln, die diese Videos integrieren. Die Studierenden müssen aber auch die Drehbücher für die Videos anfertigen und dürfen nicht auf fertige Produkte zurückgreifen. Die didaktisch originellsten und sinnvoll umsetzbaren Drehbücher werden ausgewählt und die Videoproduktion an Studierende des Lehrgangs „Media Design“ an der FH Joanneum in Graz für die professionelle Gestaltung übergeben. Dabei werden Teams mit den Lehramtsstudierenden aus Physik gebildet. Die Produktion dauert in etwas ein Studienjahr. Die Merkmale guter Lernvideos, wie von Schön & Ebner 2 beschrieben, wie z.B. Kürze, Korrektheit, Unterhaltsamkeit und Qualität, werden alle erfüllt. Besonders die Kürze der Videos ermöglicht es, die Videos bei Bedarf mehrmals pro Unterrichtseinheit vorzuführen.

Vier Videos mit Frage- und Antwortteil werden mittlerweile angeboten zu den Themen Bewegungslehre, Wärmetransport, Bezugssysteme und Akustik. Weitere Videos werden in diesem Studienjahr folgen. Sie sind unter folgender Webadresse zu finden und frei zugänglich:

https://www.dieindustrie.at/physik-mal-anders/

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen ist es ratsam, die Videos anzuschauen. Die Videos wurden bewusst nicht einzelnen Schulstufen zugeordnet, da es den Lehrpersonen unterliegt, wie sie die Videos jeweils in ihren Unterricht einbauen möchten.

Abb.2 Szene aus dem Video „Bewegungslehre“
Bei diesem Video wurde ein klassisches Beispiel der Bewegungslehre in eine moderne Fantasyfragestellung umgewandelt.

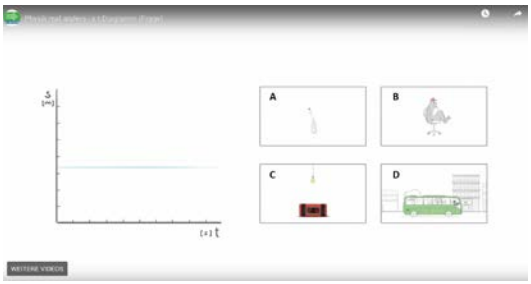


Abb.3 Szene aus dem Video „stDiagramm“
Hierbei geht es um die Zuordnung von Bewegungsvorgängen zum gezeichneten st-Diagramm. Dieses Video zielt auf die Problematik der Bezugssysteme ab.

Abb. 2 und 3 zeigen zwei Screenshots, die die hohe Qualität der Videos und auch die bewusst gesetzten Unterschiede bei der grafischen Umsetzung zeigen sollen.

Ergebnisse einer ersten Erprobung im Klassenzimmer
Das Fragevideo „stDagramm“ und das zugehörige Antwortvideo wurden mit 22 Schülerinnen und Schülern einer 5. Klasse (1. Klasse, Sek. II, Alter 14 bis 15 Jahre) in einer Unterrichtstunde auf grundsätzliche Einsetzbarkeit hin erprobt. Eine wesentliche Erkenntnis aus dieser Erprobung ist, dass alle vier gezeigten Szenarien aus dem richtigen Bezugssystem heraus betrachtet, dem st-Diagramm zuzuordnen sind. Diese wesentliche Erkenntnis wurde nach der Betrachtung des Fragevideos und am Ende der Stunde erhoben (Abb. 4).

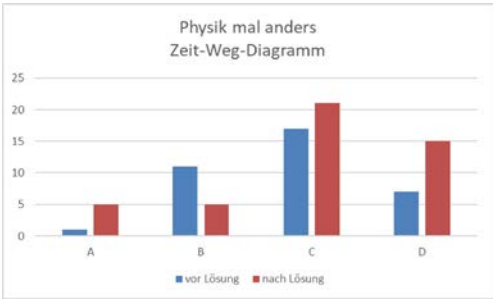


Abb.4 Wissenszuwachs nach dem Fragevideo (blau) und am Ende der Stunde (rot)
Die Höhe des Balkens gibt an, wie viele Lernende das jeweilige Szenario angekreuzt haben.
(N=22, Mehrfachnennungen möglich)

Abb.4 deutet eine größere Streuung der Antworten am Ende der Stunde an. Für viele Schülerinnen und Schüler war am Ende der Stunde klar, die offensichtliche Variante „C“ stellt nicht alleine die Lösung dar. Die Anzahl der Lernenden, die alle vier Szenarien ankreuzten erhöhte sich von 1 auf 4.

Auf einer fünfteiligen Skala wurden Inhalt und Gestaltung von den Lernenden bewertet und erreichten im Mittel jeweils 4,4 von möglichen 5 Punkten.

Durch diese Ergebnisse wird angedeutet, dass diese Videos sinnvoll im Unterricht eingesetzt werden können, da sie die Lernenden sehr gut ansprechen und wie erwünscht zum Denken anregen.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie als Leser oder Leserin von diesen Videos Gebrauch machen. Und wir würden uns noch mehr freuen, wenn Sie Ihre Erfahrungen mit den Videos mit uns teilen.

Literatur

Bonnstetter, R. J., (1998). Inquiry: Learning from the Past with an Eye on the Future. Electronic Journal of Science Education, 3 (1).
Verfügbar unter: http://www.scholarlyexchange.org/ojs/index.php/EJSE/article/view/7595/5362 [30.9.2019].

Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe (2011). Verfügbar unter: https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf [30.9.2019]

Schön, S. & Ebner, M. (2013). Gute Lernvideos ... so gelingen Web-Videos zum Lernen! Norderstedt, Books on Demand GmbH.

Schön, S. & Ebner, M. 2 (2013). Was ist ein gutes Lernvideo? Verfügbar unter: https://www.medienpaedagogik-praxis.de/2013/03/11/was-ist-ein-gutes-lernvideo/ [14.10.2019]

Timo Hackemann[1] [1]Universität Hamburg
Lena Heine[2] [2]Ruhr-Universität Bochum
Dietmar Höttecke[1]

Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte

Sachtexte in Form von Schulbüchern und Arbeitsblättern sind primäre Unterrichtsmedien im Physikunterricht. Sie dienen dazu, den Unterricht zu strukturieren, zu unterstützen und vor allem Fachwissen zu vermitteln (Baurmann, 2006, S. 241). In bestehenden Studien wird allerdings nachgewiesen, dass Sachtexte in Schulbuchtexten in erster Linie Lehrkräften und nicht Schüler_innen zur Vorbereitung des Unterrichts dienen, da letztere diese als komplex, unverständlich und unbrauchbar werten (Härtig, Kaurtz & Fischer, 2012, S. 198; Starauschek, 2003, S. 144; Merzyn, 1994, S. 236). Die in Studien festgestellte Schwerpunktsetzung naturwissenschaftlicher Sachtexte auf Fachbegriffe erschwert das Verständnis für Schüler_innen, wohingegen eine Fokussierung auf die relevanten Phänomene ratsam wäre (Drumm 2013, S. 392 & 402). Eine Übertragung der Erkenntnisse aus der allgemeinen Textverständlichkeitsforschung auf naturwissenschaftliche Sachtexte kann nicht ohne Weiteres erfolgen, da diese Sachtexte Wissen, das aus systemischen Konstrukten von Fachbegriffen und deren Zusammenhägen zueinander besteht, stark kondensiert und an Fachbegriffe orientiert darlegen (Drumm 2013, S. 392). Eine Überarbeitung von Sachtexten in Schulbüchern in sprachlicher Hinsicht erscheint daher angebracht. Die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus von Sachtexten anhand isolierter Aspekte oder Konzepte wie der leichten oder einfachen Sprache führte jedoch in bestehenden Untersuchungen zu keiner eindeutigen Wirkung auf das Textverständnis von Schüler_innen (Kohnen et al., 2017, S. 438; Rabe & Mikelskis, 2007, S. 48; Schmitz 2015, S. 191 f.; Starauschek 2006, S. 148). Teilweise konnte der *expertise reversal effect* gezeitigt bzw. widerlegt werden, der besagt, dass Sachtexte mit geringem sprachlichen Anforderungsniveau bei sprachlich starken Schüler_innen ein geringes Textverständnis erzeugen (Härtig et al., 2015, S. 63, Rabe & Mikelskis, 2007, S. 48). Die empirische Evidenz der Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus von Sachtexten auf das Textverständnis von Schüler_innen bleibt somit unklar. In diesem Projekt wird aus diesem Grund gefragt:

- Wirkt das sprachliche Anforderungsniveau physikbezogener Sachtexte – gemessen anhand eines sprachlichen Anforderungsmodells – auf das Textverständnis von Schüler_innen?
- Beeinflussen leistungsrelevante Personenmerkmale das fachliche Textverständnis?

Forschungsdesign

Aus der ersten Forschungsfrage resultiert, dass das sprachliche Anforderungsniveau die unabhängige Variable und das Textverständnis die abhängige Variable dieser Arbeit sind. Die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus auf 3 Stufen erfolgt in der Hauptstudie anhand von ausgewählten empirisch belegten schwierigkeitserzeugenden Merkmalen, während andere Textqualitätsmerkmale und insbesondere der Inhalt der Texte konstant gehalten werden. Für eine detaillierte Beschreibung des sprachlichen Anforderungsmodells sei auf Heine et al. (2018) verwiesen. Zur validen Untersuchung dieser Abhängigkeit in einem experimentellen Forschungsdesign bedarf es einer mehrstufigen Entwicklung von Lerntexten und Items, (vgl. Abb. 1). Dieser Beitrag fokussiert auf die Präpilote Texte und Items.

Abb. 1: Forschungsdesign bestehend aus vier Entwicklungsstudien und der Hauptstudie.

Zunächst werden mithilfe der Textverständlichkeitsdimensionen nach Göpferich (2019) Lerntexte möglichst verständlich gestaltet. Um Vergleichbarkeit zur Hauptstudie herzustellen befinden sich die Texte für die Entwicklungsstudien auf dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau. Weitere wichtige Kriterien bei der Formulierung der Texte sind: Ausschluss von Bildern, da die Text-Bild-Koordination eine andere Kompetenz als die reine Lesekompetenz erfordert, die Fokussierung auf wenige physikalische Phänomene zur Steigerung der Verständlichkeit und Motivation sowie zur Reduzierung der Arbeitsgedächtnisbelastung. Nach der Lektüre der Lerntexte werden den Probanden_innen eine Reihe von MC-Items zur Messung des Textverständnis vorgelegt. Diese wurden nach IGLU-Lesekompetenzniveaus entwickelt, um verschiedene Lesekompetenzniveaus abzudecken (IGLU, 2016). Das höchste Kompetenzniveau 4 wird von den entwickelten Items in dieser Studie nicht abgedeckt, da dieses auf den Einbezug von Vorwissen und die kritische Bewertung des Textes fokussiert. Die Items sind möglichst kurz gefasst und sprachlich an das einfache Anforderungsniveau angelehnt, damit textbedingte Varianz hauptsächlich auf das sprachliche Anforderungsniveau der Lerntexte zurückgeführt werden kann. Anschließend werden sowohl Texte als auch Items in qualitativen Vorstudien auf deren Wirkung und Verständlichkeit in der Zielpopulation untersucht. Die Entwicklungsphase des Tests schließt mit einer Skalierung einschließlich der Prüfung der Raschkonformität und Itemselektion.

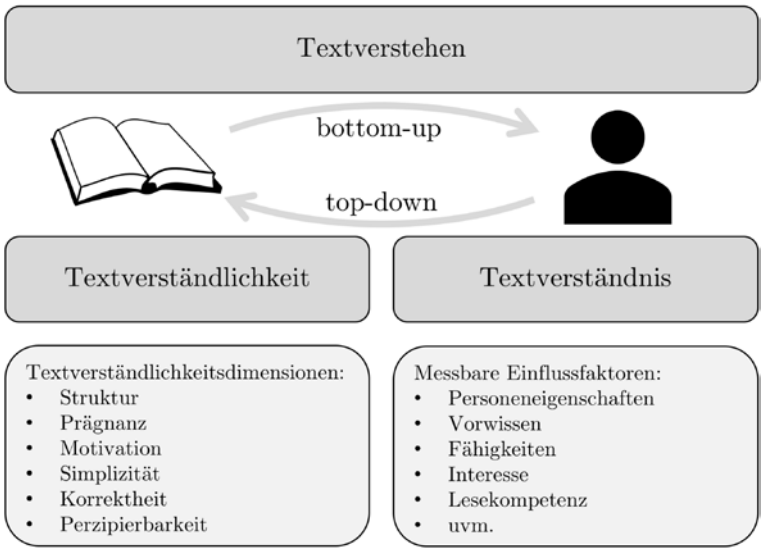


Abb. 2: Schematische Darstellung des Prozesses Textverstehen, der Textverständlichkeit und des Textverständnis. (nach Göpferich, 2019)

Die zweite Forschungsfrage rekurriert darauf, dass Lesen als komplexer Prozess betrachtet wird, der von Eigenschaften des Textes und des_r Rezipienten_in abhängig ist (vgl. Meutsch, 1984, S. 87 und Abb. 2). Die Rezeption wird somit nicht als rein textdatengeleiteter bottom-up Prozess verstanden, sondern als Wechselwirkung mit bestehendem Wissen des_r Leser_in. Erst durch diesen kognitiven top-down Prozess wird ein Text erfasst (Göpferich 2008, S. 292). Textverstehen wird in unserer Studie in zwei Schwerpunkte – Textverständnis und Textverständlichkeit – unterteilt (vgl. Abb. 2). Textverstehen bezeichnet den gesamten Prozess, der aus den beiden anderen Schwerpunkten besteht und nicht direkt zu untersuchen ist (vgl. Pause, 1984, S. 38f.). Textverständnis betrachtet vor allem das Verständnis bei dem_r Empfänger_in unter Betrachtung von Einflussfaktoren wie Alter, Sprachfähigkeit, Vorwissen, Interesse und weiteren Verstehenskompetenzen. Es wird bei dem_r Rezipienten_in in

Abhängigkeit von Text- und Personenmerkmalen erzeugt und ist mit geeigneten Instrumenten messbar. Aus diesem Grund werden in der Hauptstudie die Kovariaten Vorwissen und Lesekompetenz – als Prädiktoren des fachlichen Leseverstehens – mittels verfügbarer Instrumente aufgenommen und zur Konstruktvalidierung sowie zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage erhoben. Die Textverständlichkeit als eines der wichtigsten Textqualitätsmerkmale fokussiert auf die Texte und deren Merkmale. Botschaften eines Textes werden umso besser verstanden, je leichter diese dem Text zu entnehmen sind (vgl. Göpferich, 2019, S. 281). Ein Maß zur Bestimmung der Textverständlichkeit stellen die Verständlichkeitsdimensionen von Göpferich (2019) dar, welche als Grundlage zum Verfassen der Texte genutzt wurden und auch in Abb. 2 aufgelistet sind. Zur Sicherstellung der vergleichbaren Textverständlichkeit der Texte unterschiedlichen Inhalts wurde die Umsetzung dieser Dimensionen durch Linguisten_innen mithilfe von Paarvergleichen im Rahmen einer Expertendiskussion bestätigt.

Präpilot Texte

In der ersten qualitativen Entwicklungsstudie – Untersuchung der Texte auf Wirkung und Verständlichkeit – trafen 16 Schüler_innen in fokussierten Interviews Aussagen, die mithilfe der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) auf die Textverständlichkeitsdimensionen zurückgeführt werden konnte. Die Interkoderreliabilität liegt bei Cohens-κ=0,82. Die Bestätigung der Textverständlichkeitsdimensionen durch die Schüler_innen erfolgte, obwohl nicht explizit nach den diesen gefragt wurde. Die erhöhte Textverständlichkeit der verfassten Texte im Vergleich zu Schulbuchtexten gilt somit sowohl durch Experten_innen als auch in der Zielgruppe als bestätigt.

Präpilot Items

In der zweiten qualitativen Entwicklungsstudie – der Untersuchung der Wirkung und Verständlichkeit der Items – lasen 23 Schüler_innen jeweils einen Text und beantworteten die zugehörigen Textverständnisitems. In dem anschließenden Interview im Stil des stimulated recalls wurden die Schüler_innen aufgefordert ihre Antwort zu erläutern, ihr zum Beantworten benötigtes Wissen zu benennen und sich dabei ggf. auf den Text zu beziehen. Das zum Auswerten genutzte induktiv entwickelte Kategoriensystem (κ_{Inter}=0,85) differenzierte die Aussagen einerseits in richtige bzw. falsche Beantwortung des Items und andererseits in richtigen bzw. falschen Argumentationsgang. Bei Nicht-Übereinstimmung von Antwortverhalten und Argumentationsgang wurden Hinweise zur Begründung dieses Ergebnisses gesucht, die wiederum dazu führten, dass Items überarbeitet oder aussortiert wurden. Ergebnis dieser Studie ist die Überarbeitung von 7 Items und die Aussortierung weiterer 7 Items. Für den Pilot stehen nun den hierfür vorgesehenen 150 Schüler_innen 45 Items zur Beantwortung nach dem Lesen der drei Texte auf dem mittleren sprachlichen Anforderungsniveau zur Verfügung.

Ausblick

Ziel der Pilotierung ist, den Test erstmals zu skalieren, auf Eignung für die Stichprobe zu prüfen, Items auf Rasch-Konformität zu überprüfen und eine geeignete Itemauswahl für die Hauptstudie zu treffen. In der Hauptstudie erhält die Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus Einzug in die Arbeit. In der Hauptstudie lesen Schüler_innen der Mittelstufe jeweils drei Texte verschiedenen Inhalts und auf den drei sprachlichen Anforderungsniveaus des Modells. Hierbei wird das sprachliche Anforderungsniveau – als unabhängige Variable – rotiert, um Reihungsfehler zu verringern. Obwohl die Inhaltsbereiche der verschiedenen Texte keine Überschneidungen haben, können Lerneffekte nicht völlig ausgeschlossen werden und aus diesem Grund werden die Inhalte der Texte nicht rotiert.

Literatur

Baurmann, J. (2006). Texte verstehen im Deutschunterricht. In H. Blühdorn, E. Breindl, & U.H. Waßner (Eds.), Text–Verstehen – Grammatik und darüber hinaus (pp. 239-253), Berlin: de Gruyter.

Drumm, S. (2017). Gemischte Zeichenkomplexe verstehen lernen: Arbeit mit Sachtexten im Fach Biologie. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks, & C. Schmellentin (Eds.), Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen (pp. 37-53), Tübingen: Narr Franke Attempto.

Göpferich, S. (2019). Textverstehen und Textverständlichkeit. In N. Janich (Ed.), Textlinguistik – 15 Einführungen und eine Diskussion (2. Auflage) (pp. 281-301), Tübingen: Narr Studienbücher.

Härtig, H., Kauertz, A., & Fischer, H.E. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht – Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. Der mathematische und naturwissenschaftlicher Unterricht: MNU, 65 (4), 197-200.

Härtig, H., Bernholt, S., Retelsdorf, J., & Prechtl, H. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21 (1), 55-67.

Heine, L., Domenech, M., Otto, L., Neumann, A., Krelle, M., Höttecke, D., Ehmke, T., Leiss, D., & Schwippert, K. (2018). Modellierung sprachlicher Anforderungen in Testaufgaben verschiedener Unterrichtsfächer: Theoretische und empirische Grundlagen. Zeitschrift für angewandte Linguistik, 69, 69-96.

Hußmann, A., Wendt, H., Bos, W., Bremerich-Vos, A., Kasper, D., Lankes, E.M., McElvany, N., Stubbe, T.C., & Valtin, R. (2017). IGLU 2016 – Lesekompetenz von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Kohnen, N., Härtig, H., Bernholt, S., & Retelsdorf, J. (2017). Textverständnis im Physikunterricht. In C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016 (pp. 436-439), Regensburg: Universität Regensburg.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz.

Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN.

Meutsch, D. (1984). Wie "entsteht" ein verständlicher Text? Einflüsse literarischer und nicht literarischer Kontexte auf zielspezifische Verstehensprozesse. Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik, 55 (14), 86-112.

Pause, P.E. (1984). Das Kumulationsprinzip – eine Grundlage für die Rekonstruktion von Textverstehen und Textverständlichkeit. Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik, 55 (14), 38-55.

Schmitz, A. (2015). Verständlichkeit von Sachtexten – Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Diss. Wiesbaden: Springer.

Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikbücher. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 135-146.

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 127-157.

Rabe, T., & Mikelskis, H.F. (2007). Kohärenzbildungshilfen und Selbsterklärungen: Fördern sie das Physiklernen?. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 33-51.

Nadezda Strunk Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Sprachsensibler Physikunterricht in der Studierendenperspektive

Das Ziel dieser Studie ist die Rekonstruktion der Perspektiven von Physiklehramtsstudierenden auf sprachsensiblen Physikunterricht sowie Sprachbildung im Physikunterricht. Physiklehramtsstudierende, die im Fokus der Studie stehen, bringen durch ihre Fachzugehörigkeit bestimmte Sichtweisen und Vorstellungen in ihr Studium bereits mit. Diese entwickeln sich in der eigenen Schulzeit und werden durch Sozialisationsprozesse im Rahmen der Lehrerausbildung weiter geprägt (vgl. Wischmann & Dietrich 2014).
Die Gesamtheit solcher fachspezifischen Vorstellungen wird mit dem Begriff Fachkultur verknüpft. Schulische Fachkulturen gelten als „fachspezifische Sinnsysteme, deren Wissensordnungen als handlungsleitend wirken“ (Lüders 2007). Speziell für die Fachkultur Physik wurden in Arbeiten von Willems (2007), Lüders (2007), Schenk (2007) oder Mrochen & Höttecke (2012) einige fachkulturspezifische Perspektiven genannt, unter denen der Exklusivität des Faches und besonderen Voraussetzungen, welche das Fach erfordert, eine besondere Bedeutung zugeschrieben wird. Zu den Voraussetzungen gehört auch die Kompetenz mit der im Physikunterricht gebrauchten Sprache umgehen zu können. Die Sprache im Physikunterricht zusammen mit dem im Unterricht vermittelten Bild von Physik hat laut Schenk (2007) einen starken Einfluss auf das Verstehen von Physik (vgl. Schenk 2007). An dieser Stelle wird die Frage zu Perspektive von Physiklehramtsstudierenden auf Sprache im Physikunterricht gestellt, der in der hier vorgestellten Arbeit nachgegangen wird.

Forschungsdesign
Als Grundlage für die Analyse dienten zehn leitfadengestützte narrative Interviews mit Lehramtsstudierenden der Physik im Masterstudium. Die Interviews wurden im Anschluss an eine schulpraktische Phase geführt und enthielten Impulse zum beruflichen Werdegang, Studium, Praxiserfahrungen sowie im Laufe des Interviews zunehmend zur Rolle der Sprache im Physikunterricht. Somit wurde den Interviewten der Raum gegeben, eigene Schwerpunkte zu setzen, und das Thema Sprache wurde nicht von vorne vorgegeben. Die Rahmung von Sprache und Sprachbildung wurde durch Studierende im Laufe der Auswertung mit der Dokumentarischen Methode (Bohnsack 2014, Nohl 2017) herausgearbeitet. Die Dokumentarische Methode setzt den Fokus auf die Unterscheidung zwischen explizitem Wissen, dem objektiv Gesagten (*Sprache war schon wichtig im Praktikum*), und implizitem Wissen, was sich darin zeigt, wie etwas gesagt wurde, bzw. wie etwas gerahmt wurde (*Man muss über die Fachinhalte sprechen: man muss* kann als Hinweis auf eine wahrgenommene Norm gelesen werden). Zur impliziten Wissensebene gehören beispielsweise viele fachkulturspezifische Vorstellungen, welche nicht explizit genannt werden, jedoch im Laufe einer Analyse herausgearbeitet werden können. Wir gehen in der vorliegenden Studie davon aus, dass das implizite Wissen handlungsleitend ist und das Handeln der Lehrkräfte im Unterricht beeinflussen kann. Daher wird in dieser Studie ein besonderer Fokus auf die Rekonstruktion der impliziten Wissensebene gelegt.

Exemplarische Darstellung der Ergebnisse am Beispiel von zwei Fällen
Anhand von zwei Fällen des Samples werden hier die Zwischenergebnisse der Studie vorgestellt. Es geht um die Rekonstruktion von Perspektiven der Physiklehramtsstudierenden bzw. der Sinnkonstruktion der Sprache – welcher Sinn wird in dem Fall der Sprache

zugeschrieben. Dabei wird von Interviewten auf das Wissen zurückgegriffen, das auf bereits vorhandene Erfahrungen zurückgeht (vgl. Bauer 2015).
Bei einem expliziten Impuls zur Rolle der Sprache im Physikunterricht im Praktikum zeigt sich immer wieder, dass im Zusammenhang mit Sprache das Thema Heterogenität beinahe in allen Fällen aufgegriffen wird. Es zeigen sich jedoch Differenzen in dem, wie dieses Thema aufgegriffen wird. Besonders deutlich zeigt sich dies in den Fällen Hanna und Tom, auf die hier näher eingegangen wird.

Im **Fall Hanna** wird folgende Situation beschrieben: *da war'n ich glaub um die sechsundzwanzig Schüler drin und ähm es war eine Schülerin die gerade erst seit zehn Monaten in Deutschland war*, als eine Aufgabe konstruiert, für die Hanna *bis zum Schluss jetzt nicht so die Lösung für hatte.* Darin wird impliziert, dass Hanna als Lehrerin sich dafür verantwortlich konstruiert, entstandene Situationen zu lösen. Sprache als Oberbegriff für diese Situation wird als etwas aufgefasst, was mit dem Ort und der Zeit gebunden ist und dadurch *eine Schülerin* von der Mehrheit der SuS unterscheidet. Die Kontrastierung zwischen dieser einen Schülerin und den anderen 26 SuS der Klasse wird weiter fortgesetzt: *alle 'n sprachlich recht hohes Niveau […] alle deutschsprachige Eltern und eben dann Deutsch als Muttersprache zu Hause [hatten].* Die beschriebene Schülerin wird als Ausnahme dargestellt im Gegensatz zu SuS mit Deutsch als Muttersprache und deutschsprachigen Eltern. Weiterhin wird die Situation ein zweites Mal von Hanna mit der Intension gerahmt, das wahrgenommene Problem zu lösen: *und da hatt' ich immer Schwierigkeiten, wie ich sie jetzt besonders einbinden und unterstützen kann.* Es zeigt sich somit an diesem Beispiel die Orientierung auf Homogenisierung durch *Einbinden* und *Unterstützen* einer einzelnen Schülerin. Eine weitere Orientierung von Hanna die sich in dieser Passage rekonstruieren lässt, zeigt sich in einer aktiven Position bezüglich des wahrgenommenen Problems: Hanna konstruiert die Situation mit der Schülerin als eine Aufgabe von ihr als Lehrkraft. Ein ähnliches Muster zeigt sich in einer anderen Passage, die sich auf das Thema Sprache bezieht: *Also ich hab vor all'm immer bei der Arbeitsblattgestaltung darauf geachtet wie ich irgendwas formuliere.* Hanna zeigt sich darin selbst dafür verantwortlich, auf sprachliche Gestaltung von Aufgaben zu achten, sie spricht darüber aus ihrer Perspektive als Lehrkraft, was sich besonders im Kontrast mit anderen Fällen des Samples bemerkbar macht. Ein Gegenbeispiel im Hinblick auf diese Orientierung – mit Sprache verbundene Aufgaben als eigene Verantwortung konzipieren – sehen wir im **Fall Tom**. Insbesondere im Kontrast mit Fall Hanna werden Orientierungen im Fall Tom deutlich. Er reagiert auf den Impuls zur Rolle der Sprache unmittelbar mit der Äußerung, dass es *fünfundsiebzig Prozent Migrationshintergrund bestimmt [waren].* Das Thema Sprache wird hier somit an die Herkunft der SuS gebunden, wobei durch die Prozentangaben eine Objektivierung angestrebt wird. Tom weiter: *man hat gemerkt, dass die mit einigen Begriffen wirklich Probleme hatten […].* Es zeigt sich eine Verallgemeinerung durch den Gebrauch von unpersönlichem Pronomen: *man hat gemerkt.* Weiterhin sagt Tom, dass *die mit einigen Begriffen wirklich Probleme hatten,* worin ein Kontrast mit Fall Hanna deutlich wird: während sie über eigene Probleme spricht, SuS einzubinden und zu unterstützen, spricht Tom generalisierend von Problemen der SuS. In einer weiteren Passage thematisiert er das Sprechen der deutschen Sprache auch außerhalb von Schule und Unterricht: *bestimmt 'n Drittel der Klasse spricht zu Hause auch kein Deutsch.* Darin zeigt sich eine Homologie bzw. Ähnlichkeit mit dem Fall Hanna, in dem *Deutsch als Muttersprache zu Hause* ein bedeutender Faktor für die Sprachkompetenz der SuS fungiert. Tom nennt jedoch noch mehr Akteure und Institutionen, die für das entsprechende Niveau des Deutschen aus seiner Perspektive zuständig sind. Dazu zählt er Schule und Peers, die er als nicht ausreichend im Sinne von Förderung von Sprachkompetenz rahmt: *nur in der Schule oder nur mit ihren Freunden Deutsch sprechen und in der Schule is' das Niveau relativ niedrig.* Weiterhin werden Lehrer als Zuständige für Sprachbildung konstruiert, deren Anpassung an die Sprache der SuS

von Tom kritisch beurteilt wird: *Viele Lehrer sprechen dann auch nich' in Bildungssprache, sondern passen sich dann doch an*. Eine weitere Instanz, welche in dieser Passage genannt wird, ist *Fernsehen*, in dem *läuft dann auf RTL2 irgendwie Frauentausch, da lern' die auch nichts Neues dazu.*

Es werden somit verschiedene Zuständige für Förderung von Bildungssprache genannt. Sich selbst nennt Tom an dieser Stelle nicht. Darin zeigt sich Unterschied zum Fall Hanna, in dem Sprachbildung in erster Linie als eigene Aufgabe von ihr als Lehrkraft konzipiert wird. An weiteren Stellen der Fälle Hanna und Tom lassen sich die hier rekonstruierten Orientierungen bestätigen. Es zeigen sich somit zwei Umgangsweisen mit sprachbezogenen Situationen im Kontext der Heterogenität:

- Orientierung auf Eigenverantwortung für Sprachbildung. Damit verbunden wird die Orientierung auf Beseitigen von sprachbezogener Heterogenität und herstellen einer homogenen Ordnung.
- Orientierung auf Delegieren der Verantwortung von Sprachbildung auf andere. Im Zusammenhang damit wird Heterogenität als ein Bereich konzipiert, für den andere verantwortlich sind. Wie es sich bei der weiteren Analyse gezeigt hat, werden vor allem Eltern als dafür zuständig gesehen, deutsche Sprache im Allgemeinen und Bildungssprache im Speziellen zu fördern.

Im Vergleich zu diesen zwei Fällen zeigt sich im gesamten Sample auch eine weitere Orientierung, die sich auf den Umgang mit Heterogenität und in diesem Fall ihre explizite Berücksichtig bezieht. Dies zeigt sich auf zwei verschiedene Arten: zum einen geht es um die Vorstellung einer Lehrkraft, die Unterstützung anbietet, SuS begleitet und Raum zum Lernen schafft. Zum anderen wird der Fokus auf SuS gerichtet, die man handeln lässt und in die man sich als Lehrkraft hineinversetz um deren Perspektive zu berücksichtigen:

Umgang mit Heterogenität	**Delegieren**	**Beseitigen**	**Berücksichtigen**	
			Lehrkraft im Fokus	SuS im Fokus
Beschreibung	Als Aufgabe der anderen aufgefasst: vor allem der Eltern	Homogenisierung angestrebt	Unterstützung anbieten SuS begleiten geschützten Lernraum schaffen	selbst handeln lassen sich in SuS reinversetzen
Fälle	T	H	L, K, M, A	E, J, N

Abb.1: Orientierungen bezüglich des Umgangs mit Heterogenität

Zusammenfassung und Ausblick

Im Laufe der Analyse des Datenmaterials hat sich gezeigt, dass der Themenbereich Sprache und Sprachbildung stark mit sprachbezogener Heterogenität und damit auch Deutsch als Zweitsprache in Zusammenhang gebracht wird. Heterogenität wird beinahe von allen Interviewten als Problem konzipiert. Orientierungen unterscheiden sich vor allem in Bezug darauf, ob Umgang mit Heterogenität als Lehrkraft-Aufgabe aufgefasst wird. Des Weiteren zeigen sich Unterschiede darin, ob diese Aufgabe darin gesehen wird, Heterogenität gleichsam zu beseitigen oder didaktisch auf sie zu reagieren und sie zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf Sprache zeigt sich die Notwendigkeit für eine weitere Entwicklung des Konzepts der Sprachbildung im Physikunterricht, welches stärker auf die Bedeutung von Sprache für das konzeptuelle Verstehen und Bedeutung von Sprache für alle SuS ausgelegt werden muss.

Literatur

Bauer, V. (2015). Englischlernen – Sinnkonstruktion – Identität. Eine Interviewstudie mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. Opladen et al.: Budrich

Bohnsack, Ralf (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. Opladen u.a.: Budrich

Lüders, J. (2007). Einleitung: Fachkulturforschung in der Schule. In J. Lüders (Hg.), Fachkulturforschung in der Schule. Opladen: Budrich, 7-15

Mrochen, M. & Höttecke, D. (2012). Einstellungen und Vorstellungen von Lehrpersonen zum Kompetenzbereich Bewertung der Nationalen Bildungsstandards. Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, 1(1). Thema: Urteilsbildung, 113-145

Nohl, A.-M. (2017). Interview und Dokumentarische Methode. Wiesbaden: Springer VS

Schenk, B. (2007). Fachkultur und Bildung in den Fächern Chemie und Physik. In J. Lüders (Hg.): Fachkulturforschung in der Schule. Opladen: Budrich, 83-100

Willems, K. (2007). Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Deutsch - natürliche Gegenpole? Bielefeld: Transcript-Verlag

Wischmann, A. & Dietrich, C. (2014). Genese von Heterogenität im Fachunterricht: Ein Beitrag zur Kontextualisierung von Differenzierungspraktiken. bildungsforschung.org, (1) 2014, 1-13

Wiebke Leisen[1]
Robert Aleksov[1]
Heiko Krabbe[2]
Hendrik Härtig[1]
Hans E. Fischer[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Ruhr-Universität Bochum

Sprachliche Muster und Repräsentationsformen im Physikunterricht Vorstellung eines Forschungsprogramms

Einleitung

Dem Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke und Schrader (2019) folgend hängt die Nutzung eines - von Lehrkräften erstellten - Lernangebots u. a. von Eigenschaften der Lernenden ab. In diesem Beitrag stellen wir drei physikdidaktische Projekte mit besonderem Fokus auf sprachliche Fähigkeiten der Lernenden unter Bezugnahme auf das Angebots-Nutzungs-Modell vor.

Generell bedingt Sprache schulisches Lernen in allen Fächern (u.a. Beese & Benholz, 2013) Zusätzlich ist Sprache im Sinne von *scientific literacy* ein wichtiges Lehrziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (u.a. Wellington & Osborn, 2001; Yore, Bisanz & Hand, 2003). Sprachkompetenz sollte daher im Fachunterricht gefördert werden und gleichzeitig den fachlichen Kompetenzerwerb nicht behindern. Domänenspezifische sprachliche Muster (Beese & Roll, 2015; Buhlmann & Fearns, 2000) verknüpft mit einer authentischen Schreibförderung (Draper, Broomhead & Peterson, 2015), die zum Erwerb fachlicher Kompetenzen beiträgt (Keys, Hand, Prain & Collins, 1999; Storch, 2005), erfüllt diesen Zweck. Diese Annahme führt in unserem Forschungsprogramm zu einer Untersuchung von Experimentierprotokollen, die neben der Arbeit mit fachtypischen sprachlichen Mustern auch den Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen voraussetzt. In unserem Forschungsprogramm gehen wir drei Fragen nach. Die erste Studie ist bereits abgeschlossen und bezieht sich im Allgemeinen auf folgende Fragestellung: In welchem Umfang kann man Lernenden helfen, diese sprachlichen Muster zu erkennen und für sich erfolgreich zu nutzen? In der zweiten Studie untersuchen wir, in welchem Umfang die Lehrkräfte davon ausgehen, dass sie ein angemessenes Angebot haben und ob das zur Wahrnehmung der Lernenden passt. Das dritte Projekt steht unter folgender Fragestellung: Wie lassen sich entsprechende explizite Unterrichtskonzepte mit Lehrkräften gemeinsam erarbeiten und nachhaltig implementieren?

Projekt „Sprachbildung im Physikunterricht“

Hintergrund

Ziel des Projekts *Sprachbildung im Physikunterricht* (finanziert durch die Stiftung Mercator) war es, gemeinsam mit teilnehmenden Physiklehrkräften ein Unterrichtskonzept zu entwickeln und empirisch zu überprüfen, sprachliches Handeln im Umgang mit einem fachtypischen sprachlichen Muster mit fachlichem Lernen verknüpft.

Forschungsfragen

Um das Unterrichtskonzept empirisch zu überprüfen und abzusichern, wurden folgende Forschungsfragen beantwortet:

(1a) In welchem Umfang lässt sich durch eine Intervention die Fähigkeit der Lernenden schulen, ein sprachliches Muster anzuwenden?
In welchem Umfang werden die fachlichen Fähigkeiten der Lernenden geschult?

(1b) Inwiefern lassen sich differenzielle Interventionseffekte auf die sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten der Lernenden feststellen?

(2) In welchem Umfang sagen die sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden ihre fachlichen Fähigkeiten voraus?

Design und Methoden

Die Forschungsfragen wurden mit Hilfe einer quasiexperimentellen Interventionsstudie mit Interventionsgruppe [IG] und Kontrollgruppe [KG] im Prä-Post-Design beantwortet. Die Gelegenheitsstichprobe umfasste 113 Lernende in der IG (M_{Alter} = 11,59, *SD* = 0,57, 49% weiblich) und 113 Lernende in der KG (M_{Alter} = 11,73, *SD* = 0,77, 46% weiblich) aus 8 Klassen der Jahrgangsstufen 6 und 7.

<table>
<tr><th></th><th>IG</th><th>KG</th></tr>
<tr><td>Prätest
2 Schulstunden</td><td colspan="2">Kognitive Fähigkeiten Test (Heller & Perleth, 2000),
Fachwissenstest Elektrizitätslehre (Eigenentwicklung),
Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern (Eigenentwicklung),
Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Intervention
5 Doppelstunden</td><td colspan="2">Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre</td></tr>
<tr><td>Verschriftlichung von Fachinhalten durch konditionale Satzmuster</td><td>Thematisch vergleichbare Erweiterung der Fachinhalte unter Kontrolle der Lernzeit</td></tr>
<tr><td>Posttest
1 Schulstunde</td><td colspan="2">Fachwissenstest Elektrizitätslehre,
Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern,
Salzburger Lese-Screening (Mayringer & Wimmer, 2014)</td></tr>
</table>

Tabelle 1: Studiendesign und Interventionsumfang

In Tabelle 1 sind die zu erhebenden Konstrukte, der zeitliche Umfang und. und die Inhalte für Interventions- und Kontrollgruppe dargestellt. Während in der Unterrichtseinheit der IG die Verschriftlichung fachlicher Inhalte und die Reflexion des Einsatzes konditionaler Satzmuster im Mittelpunkt stehen, werden in der KG Fachinhalte in zusätzlichen Kontexten integriert und weitere Experimente durchgeführt.

Ergebnisse

Vor der Intervention konnten wir keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Geschlechts (p = .678) und des Alters (p = .155) sowie der Konstrukte Fachwissen zur Elektrizitätslehre, Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern und aktuelle Motivation (alle $F < 1$) feststellen. Allerdings zeigte die Kontrollgruppe signifikant höhere kognitive Fähigkeiten (F (1,214) = 8,95, p = .003). Die kognitiven Fähigkeiten wurden daher in allen weiteren Analysen als Kovariate berücksichtigt.

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten, wurden zwei einfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet, mit dem Messzeitpunkt als Innersubjektfaktor und der Gruppenzugehörigkeit als Zwischensubjektfaktor. Bezüglich der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern zeigt die Analyse einen signifikanten Zuwachs nur in der IG (p < .001). Nach der Intervention war der Gruppenunterschied ebenfalls signifikant (F (1,198) = 7,00, p = .009). Bezüglich des Fachwissens in der Elektrizitätslehre zeigte die Analyse einen signifikanten Zuwachs in beiden Gruppen (beide p < .001). Gruppenunterschiede im Zuwachs

konnten nicht festgestellt werden. Es fanden sich keine Interaktionseffekte zwischen Gruppe und Migrationshintergrund und Gruppe und Geschlecht. Nur bezüglich der Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern ist der Zuwachs der Mädchen in der IG im Vergleich zu Jungen statistisch signifikant höher (F (1,187) = 5.25, p = .023). In der Kontrollgruppe zeigten sich diese Unterschiede nicht.
Um die zweite Frage zu beantworten, wurde eine lineare Regression mit dem *Fachwissen Elektrizitätslehre* als abhängige Variable und *basale Lesefähigkeit, Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern sowie kognitive Fähigkeiten* als unabhängige Variablen gerechnet. Die kognitiven Fähigkeiten (β = .31, p < .001), die basale Lesefähigkeit (β = .23, p < .001) und die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (β = .17, p < .001) konnte das Fachwissen zur Elektrizitätslehre vorhersagen.

Zusammenfassung
Die Fähigkeit im Umgang mit einem fachtypischen sprachlichen Muster lässt sich im Physikunterricht fördern. Die Förderung erfolgt dabei nicht auf Kosten der Fachinhalte. Obwohl alle Lernenden sowohl sprachlich als auch fachlich von der Förderung profitieren können, führt die Unterrichtseinheit insbesondere bei Schülerinnen zu einem höheren Wissenszuwachs im Umgang mit konditionalen Satzmustern. Der Zusammenhang zwischen sprachlichen Fähigkeiten und Fachwissen unterstreicht die Bedeutung expliziter Spracharbeit mit fachtypischen sprachlichen Mustern im Physikunterricht.

Lehrkräftebefragung zur Wahrnehmung des unterrichtlichen Angebots
Im Anschluss an dieses Projekt wird im Hinblick auf das Angebot-Nutzungs-Modell nach Helmke und Schrader (2019) die Wahrnehmung des unterrichtlichen Angebots in Bezug auf den Umgang mit Repräsentationsformen anhand einer Lehrkräftebefragung untersucht. Im Fokus steht der Vergleich der Wahrnehmung der Lehrkräfte und der Wahrnehmung der Lernenden. Das Material ist am Fragebogen für Fachsprache im Biologieunterricht nach Nitz, Nerdel und Prechtl (2012) orientiert und für Repräsentationsformen im Physikunterricht angepasst. Es wird sich auf Diagramme, Tabellen, Formeln und Texte als wichtige Bestandteile von Versuchsprotokollen beschränkt. Sowohl Lehrkräfte als auch Lernende der sechsten, achten und zehnten Klassenstufen füllen den Fragebogen aus. Anhand der gewählten Klassenstufen wird ein Vergleich zwischen den verschiedenen Stufen ermöglicht. Es wird erwartet, dass die Lehrkräfte ihr unterrichtliches Angebot stärker wahrnehmen als die Lernenden. Zudem werden größere Differenzen in der Wahrnehmung der Lehrkräfte und der Lernenden in der unteren Klassenstufe im Vergleich zu den höheren Klassenstufen erwartet. Ziel des Projektes ist eine Steigerung des Bewusstseins im Hinblick auf das unterrichtliche Angebot und folglich eine Förderung im Umgang mit Repräsentationsformen.

Projekt „GemeinsamGANZTAG“
Das Projekt *GemeinsamGANZTAG* (finanziert durch die Stiftung RAG) hat zum Ziel, Schulen in herausfordernder Lage zu unterstützen, bildungsbezogene Ungleichheiten zu reduzieren. Ein besonderer Fokus wird u.a. auf Sprachbildung gelegt. Gemeinsam mit teilnehmenden Lehrkräften werden sprachexplizite Unterrichtskonzepte für die Fächer Biologie, Chemie und Physik erarbeitet und implementiert. Die Implementierung wird durch die Physikdidaktik der Universität Duisburg-Essen begleitet und unterstützt. Dabei werden Erfahrungen, Ergebnisse und Werkzeuge aus dem Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* genutzt. Die erarbeiteten Unterrichtskonzepte werden am Ende der Projektlaufzeit in einer wissenschaftlichen Begleitstudie evaluiert.

Literatur

Beese, M. & Benholz, C. (2013): Sprachförderung im Fachunterricht. Voraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In Röhner, C. & Hövelbrinks, B. (Hrsg.): Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Weinheim und Basel: Juventa, 37–56

Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In Benholz, C. & Frank, M. & Gürsoy, E. (Hg.). (2015). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht. Beiträge zu Sprachbildung und Mehrsprachigkeit aus dem Modellprojekt ProDaZ.* Stuttgart: Fillibach bei Klett, 51-72

Buhlmann, R. & Fearns, A. (2000). Handbuch des Fachsprachenunterrichts: unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprachen. Tübingen: Gunter Narr

Draper, R. J., Broomhead, P., & Jensen, A. P. (2015). (Re)Imagining Content-Area Literacy Instruction. Language and Literacy. New York: Teachers College Press.

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *KFT 4–12 + R: Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision* (1. Aufl). Göttingen: Beltz-Test GmbH

Helmke, A. & Schrader, F. (2019). Angebots-Nutzungs-Modell der Wirkfaktoren akademischer Leistungen. In M. A. Wirtz (Hrsg.), Dorsch – Lexikon der Psychologie. Abgerufen am 30.09.2019, von https://portal.hogrefe.com/dorsch/angebots-nutzungs-modell-der-wirkfaktoren-akademischer-leistungen/

Keys, C. W., Hand, B., Prain, V. & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. Journal of Research in Science Teaching, 36(10), 1065–1084

Nitz, S., Nerdel, C., & Prechtl, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 117-139

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 2, 57-66

Storch, N. (2005). Collaborative writing: Product, process, and students' reflections. Journal of Second Language Writing, 14(3), 153–173

Wellington, J. J. & Osborne, J. (2001): Language and literacy in science education. Buckingham, Phildelphia: Open University.

Wimmer, H., & Mayringer, H. (2014). *Salzburger Lese-Screening für die Schulstufen 2-9: SLS 2-9* [Salzburg screening test of reading for Grades 2-9]. Bern: Huber

Yore, L., Bisanz, G. L. & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research, International Journal of Science Education, 25 (6), 689-725

Matthias Ungermann
Verena Spatz
Technische Universität Darmstadt

Erste Ergebnisse der Vermittlung von NOS im Schüler*innen-Labor Physik

Die Vermittlung der Natur der Naturwissenschaften (NOS) (Lederman, 2006; Osborne et al., 2003; McComas, 2002) nimmt in nationalen und internationalen Diskussionen um Bildungsziele im MINT–Bereich eine hohe Relevanz ein (Jung, 1979; Niedderer & Schecker, 1982; Euler, Schüttler & Hausamann, 2015; Höttecke, 2001, 2008; Kircher, Girwidz & Häußler, 2015; OECD, 2016; Pommeranz et al., 2016). Dies begründet sich sowohl aus gesellschaftlichen (Klafki, 1963, 130 ff) als auch lernpsychologischen Aspekten (Hofer & Pintrich, 2016) sowie erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Fragen (Kircher, Girwidz & Häußler, 2015). Ferner konnte in der lernpsychologischen Forschung der Einfluss von epistemischen Überzeugungen auf Lernprozesse und –ergebnisse nachgewiesen werden (Hofer & Pintrich, 2016). Demzufolge scheint das Wissen über NOS eine Schlüsselkompetenz zum Verständnis und Lernerfolg in Physik zu sein (Hofer & Pintrich, 2016; Köller, Baumert & Neubrand, 2000). Dabei gelten, zumindest im unterrichtlichen Kontext, explizite anstelle der impliziten Instruktion von NOS (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) sowie die fundierte Auseinandersetzung mit authentischen Kontexten (Roth, 1995) als grundsätzliche Gelingensfaktoren.
Ausgehend von diesen Überlegungen wurde an der TU Darmstadt ein Schüler*innen-Labor Physik entwickelt, das die Vermittlung von Aspekten von NOS und der Variablenkontrollstrategie (VKS) in den Mittelpunkt stellt. Dies erfolgt durch die adressatengerechte Aufbereitung der aktuellen Forschung am Fachbereich in einem forschend-entdeckenden Setting.

Untersuchungen zu NOS und VKS - Studiendesign
Um die Wirksamkeit des Labors zu erfassen, wird eine Begleitstudie durchgeführt. Diese erhebt nicht nur, welche Vorstellungen die Schüler*innen zu NOS und VKS im Anfangsunterricht haben, sondern auch, wie sich diese über ein Schuljahr bzw. durch den Besuch im Labor verändern. Es wurde ein Studiendesign gewählt, das dazu eine Kontroll- und eine Treatmentgruppe über ein Schuljahr begleitet (vgl. Abbildung 1).

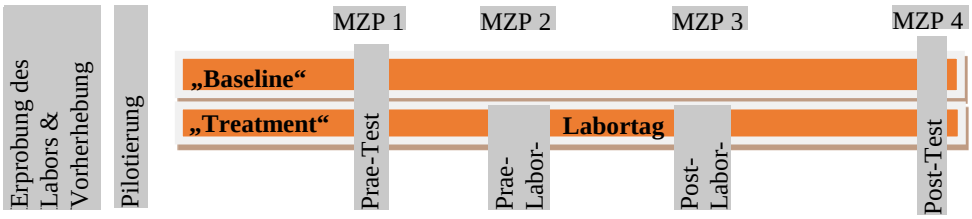


Abb.1: Studiendesign

Zum Zeitraum der Konzeption der Studie war im deutschen Sprachraum nur das Messinstrument von Kremer (2010) präsent. Kremer konnte mithilfe von 54 Items auf einer fünfstufigen Lickert-Skala sieben verschiedene Dimensionen von NOS identifizieren. Davon wurden für die vorliegende Studie vier Kategorien, nämlich „Kreativität“, „Entwicklung“, „Zweck“ und „Rechtfertigung“, herausgenommen, da diese Aspekte von NOS im Schüler*innen-Labor Physik besonders gefördert werden sollen. Die Kompetenzen der VKS werden mithilfe selbstentwickelter Aufgaben nach Ehmer (2008) erfasst. Dabei werden die

Fähigkeiten „Planen von Experimenten“ und „Identifizieren von Hypothesen“ entsprechend des SDDS-Modells von Dunbar und Klahr (2000) getestet.

Ergebnisse der Vorerhebung

Vor der eigentlichen Studie wurde am Ende des Schuljahrs 2017/ 2018 eine Erprobung des Schüler*innen-Labor zusammen mit einer Vorerhebung des Frageinstruments durchgeführt. Dazu wurde vor und nach dem Besuch im Labor eine Erhebung zu NOS und VKS durchgeführt (Ungermann & Spatz, eingereicht). Eine konfirmatorische Faktorenanalyse (Kline, 2005) mit der Modellannahme der Skalen nach Kremer zu NOS konnte nicht gelöst werden, da die Kovarianzmatrix der latenten Faktoren nicht positiv definit gewesen ist. Es scheint eine Linearität zwischen der Skala „Rechtfertigung“ und anderen Skalen zu herrschen (vgl. Tabelle 1).

	Zweck	Entwicklung	Kreativität	Rechtfertigung
Zweck	0.086			
Entwicklung	0.108	0.234		
Kreativität	-0.076	0.021	0.312	
Rechtfertigung	0.035	0.068	-0.020	0.021

Tabelle 1: Interkorrelationen der vier Skalen des Fragebogens zu NOS nach Kremer

Die Ergebnisse zu den Aufgaben der VKS zeigten jedoch, dass die Annahme zweier latenter Faktoren nämlich „Identifizieren von Hypothesen“ und „Planen von Experimenten“ bestätigt werden konnten. Mit einer explorativen Faktorenanalyse konnten so 50,7 % der Gesamtvarianz aufgeklärt werden.

Die Ergebnisse der Vorerhebung zeigen, dass die Vorstellungen der Lernenden zu NOS sowohl vor als auch nach einem Treatment durch das reduzierte Messinstrument von Kremer nicht abgebildet werden können. Eine neue Skalenfindung bezüglich des NOS-Messinstruments über die Vorstellung der Schüler*innen über NOS erscheint daher sinnvoll.

Pilotierung – Entwicklung des Fragebogens

Für die Skalenfindung wurde zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 eine Erhebung mit 427 Schüler*innen (244 m., 186 w., 7 o. A.; 172 Klassenstufe 7, 255 Klassenstufe 8; 183 GYM, 217 IGS, 27 o. A.) durchgeführt. Die Erhebung fand im regulären Physikunterricht durch die jeweilige Lehrkraft statt. Die Angaben der Fragebögen zu NOS wurden einer explorativen Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Rotation unterzogen. Ein Scree-Test nach Catell (1966) und die Linearität in der Skala „Rechtfertigung“ legt eine Unterteilung in drei Faktoren nahe.

Skala	Itembeispiel	Itemanzahl	Cronbachs Alpha
Zweck*	Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären.	6	.653
Entwicklung*	Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit.	8	.643
Kreativität	Das naturwissenschaftliche Wissen zeigt die Kreativität von Naturwissenschaftlern.	5	.483

Tabelle 2: Itembeispiele Anzahl der Items und Reliabilitäten der neu gefundenen Skalen

Dadurch können im Wesentlichen die Skalen „Kreativität“, „Entwicklung“ und „Zweck“ reproduziert werden, wobei in allen Skalen Items der Skala „Rechtfertigung“ einstreuen.

Nach inhaltlicher Überprüfung und Entfernung der nicht passenden Items können so die drei Skalen „Kreativität“, „Entwicklung“ und „Zweck“ fast vollständig repliziert werden (vgl.

Tabelle 2). Nach dieser Überarbeitung ergeben sich eine aufgeklärte Gesamtvarianz von 34,7%, eine Gesamtreliabilität von .65 und Trennschärfen, die im unteren akzeptablen Bereich liegen.
Betrachtet man die Mittelwerte, so zeigt sich, dass die Skala „Zweck“ bereits sehr adäquat von den Schüler*innen eingeschätzt wird (vgl. Tabelle 3). Eine Verbesserung ist jedoch in allen drei Faktoren noch möglich. Wie bei Kremer gibt es Interkorrelationen der Skalen untereinander. Gerade die Skalen „Zweck“ und „Entwicklung“ sind offensichtlich nicht unabhängig voneinander.

Skala	Mittelwert	Standardabweichung	(1)	(2)	(3)
(1) Entwicklung*	3,65	,62	-	,447	-,193
(2) Zweck*	3,96	,70		-	-0,37
(3) Kreativität	2,79	,70			-

Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Interkorrelationen der neu gefundenen drei Skalen des Fragebogens zu NOS

Auch bei der Pilotierung des Messinstruments zur VKS wurde eine explorative Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Rotation durchgeführt. Bei einer Extraktion zweier Komponenten werden, bei einer Gesamtreliabilität von .78, bereits 51,8% der Gesamtvarianz aufgeklärt. Die beiden Skalen „Planen von Experimenten“ und „Identifizieren von Hypothesen“ werden wie bei der Vorerhebung mit Trennschärfen >.30 abgebildet.

Skala	Item-anzahl	Cronbachs Alpha	Mittelwert	Standard-abweichung	(1)	(2)
(1) Identifizieren von Hypothesen	4	.58	,49	,33	-	,571
(2) Planen von Experimenten	4	.72	,50	,35		-

Tabelle 4: Anzahl der Items, Reliabilitäten, Mittelwerte, Standardabweichung und Interkorrelationen der Skalen zur VKS

Die Mittelwerte der Lösungswahrscheinlichkeiten der Aufgaben sind im moderaten Bereich, so dass diese Aufgaben sehr gut als Testinstrument eingesetzt werden können (vgl. Tabelle 4). Auch hier treten Interkorrelation zwischen den Kategorien auf, was jedoch inhaltlich nicht verwundert.

Erster Messzeitpunkt –Bestätigung des Fragebogens

In der Hauptstudie soll eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt werden. Dafür wurden zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 in einem ersten Messzeitpunkt Daten zu den Vorstellungen der Schüler*innen zu NOS und VKS erhoben. Wendet man die neugefundenen Skalen mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse auf diese Gruppe an, so ergeben sich als Kennwerte für den konfirmatorischen Fitindex (CFI) .91, für die Approximationsdiskrepanzwurzel (RMSEA) .03 und für die standardisierte Residualdiskrepanzwurzel (SRMR) .06. Bezüglich der VKS ergibt sich ein ähnlich gutes Bild: Hier liegt der konfirmatorischen Fitindex (CFI) bei .95, die Approximationsdiskrepanzwurzel (RMSEA) ist .05 und standardisierte Residualdiskrepanzwurzel (SRMR) bei .04.
Dies zeigt, dass sich die Modellannahmen sowohl für die neugefundenen Skalen zu NOS als auch für die Aufgaben zur VKS gut in der Treatment- und Kontrollgruppe wiederfinden lassen. So erscheint das Messinstrument zur VKS sehr gut replizierbar. Der geringe CFI für NOS, der aber immer noch über der Toleranzgrenze von .90 (Hu & Bentler, 1999) liegt, erscheint unter dem Aspekt der geringen aufgeklärten Gesamtvarianz und vor allem der kleinen Reliabilität der Skala „Kreativität“ jedoch akzeptabel.

Literatur

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science. A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, *22*(7), 665–701.

Cattell, R.B. (1966). The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate behavioral research*, *1*(2), 245–276.

Ehmer, M. (2008). *Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse*. Kiel, Christian-Albrechts-Universität, Diss., 2008. Universitätsbibliothek Kiel.

Euler, M., Schüttler, T. & Hausamann, D. (2015). Schülerlabore. Lernen durch Forschen und Entwickeln. In Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 759–782). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (2016). The Development of Epistemological Theories. Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, *67*(1), 88–140.

Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(7), 7–23.

Höttecke, D. (2008). D. (2008), Was ist Naturwissenschaft. Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 103/2010, S. 4-12. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*(103/2010), 4–12.

Hu, L.-t. & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis. Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *6*(1), 1–55.

Jung, W. (1979). *Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie,* Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2015). *Physikdidaktik,* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Klafki, W. (1963). *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik,* Weinheim: Beltz.

Klahr, D. & Dunbar, K. (2000). *Exploring science*. *The cognition and development of discovery processes,* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Kline, R.B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling,* New York, NY: Guilford Press.

Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik-und Physikunterricht. In Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.), *Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 229–269). Opladen: Leske + Budrich.

Kremer, K.H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen*. Kassel, Univ., Diss., Kassel: Universitätsbibliothek Kassel.

Lederman, N.G. (Hrsg.) (2006). *Inquiry and Nature of Science*. *Syntax Of Nature Of Science Within Inquiry And Science Instruction*.

McComas, W.F. (Hrsg.) (2002). *The Nature of Science in Science Education*. *Rationales and Strategies,* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Niedderer, H. & Schecker, H. (1982). Ziele und Methodik eines wissenschaftstheoretisch orientierten Physikunterrichts. In , *Der Physikunterricht*. *PU* (Band 2) (S. 58–71). Seelze.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What ideas-about-science should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(7), 692–720.

(2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework*. *Science, reading, mathematic and financial literacy,* Paris: OECD Publishing.

Pommeranz, H.-P., Dittmer, F., Kaminski, E., Schülbe, R. & Talanow, M. (2016). Fachlehrplan Gymnasium - Physik. https://www.bildung-lsa.de/pool/RRL_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP_Gym_Physik_LTn.pdf?rl=106 (7.8.2018).

Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science,* Dordrecht: Springer Netherlands.

Ungermann, M. & Spatz, V. (eingereicht). Die Natur der Naturwissenschaften im Schüler*innen-Labor Physik vermitteln. *PhyDid B - Didaktik der Physik*.

Ümit Işık Erdoğan Universität Hacettepe
Sinem Özgür Dinçol
Emine Erdem

Außerschulische Lernorte (ASLO) im Chemieunterricht: Museen als Beispiel

Im Fachbereich Chemie gibt es eine Vielfalt an Methoden, wie in kaum einem anderen Fach. Generell kann zwischen didaktisch aufbereiteten Lernorten wie Museen, Wissenschaftszentren, Schülerlaboren etc. und didaktisch nicht aufbereiteten Lernorten wie Betriebe, Forschungseinrichtungen, etc. unterschieden werden. Es ist wichtig zu erwähnen, dass der Begriff der außerschulischen Lernorte den Unterricht außerhalb des Schulgebäudes bezeichnet. In diesem Zusammenhang bieten die außerschulischen Lernorte eine Bereicherung der Anschauungs- und Lernmöglichkeiten der Studenten. Die effektivsten Lehrstrategien in der Bildung sind; wenn der Lernende eine aktive Rolle beim Lernen hat, durch Handeln lernt, aus der Umgebung gelernter Themen rekurriert und sie mit dem eigenen sozialen Leben verbindet. Diese Sichtweise kann effektiv in den außerschulischen Methoden angewendet werden, die in den letzten Jahren mit Begriffen wie „außerschulische Bildung, non-formelle Bildung, informelle Bildung“ zu einem aktuellen Thema gemacht werden. Die außerschulischen Methoden vertreten die Ansicht, dass das Wissen in Bezug auf die Außenwelt genommen werden sollten (Eshach, 2007). Außerunterrichtliche und außerschulische Praxen sowie Aktivitäten in Bildungs- und Ausbildungsprozessen beziehen sich auf einen sehr weiten Bereich: Ausflüge, Beobachtungen, Feldstudien; Besuche in sozialen, kulturellen, industriellen und wissenschaftlichen Orten (Museen, Naturkundemuseen, Wissenschafts- und Technologiemuseen, Planetarien, Botanische Gärten, Zoogärten, Wetterstationen, Wasseraufbereitungsanlagen, Staudämme, Industrieanlagen u. ä.); Virtual Reality Anwendungen, Naturerziehung, Aktivitäten von Umweltvereinen, ortsbezogene Hausaufgaben und Projekte, Sportveranstaltungen; soziale, kulturelle und wissenschaftliche Programme (Ausstellungen, Kongresse, Panels, Konferenzen und Symposien) und ortsbezogene Anwendungen für lebenslanges Lernen (vgl. Fidan, 2012).
Nach Anton (2008) befassen sich unterschiedliche Ziele beim Chemieunterricht beim Chemielernen inner-und außerhalb der Schule

Innerhalb Schule	**Außerhalb Schule**
grundlegend	vertiefend
Fach isoliert	überfachlich
systematisierend	anwendend
konservativ	innovativ
verbindend	Ausschnitt bildend
kontinuierlich	sporadisch
ganzheitlich, Persönlichkeit fördernd	Punktuell, interessenfördernd
Objektiv qualifizierend	Subjektiv qualifizierend
Didaktisch orientiert	mathetisch orientiert

Chemie in der Schule wird mit Studentafel, mit Lehrer nach Lehrplänen Lernziel Orient durchgeführt. Aber bei einer Ausstellung wird wann, wie, was und wo ich will, durchgeführt .Die Stärke des Museum liegt darin, dass man mit dem original Objekt begegnet wird und seiner Inszenierung ermöglicht. Diese Objekte und das Museum als Ganzes bilden nicht nur einen Lernort, sondern sind als spezifisches Lehr-und Lernmedium zu verstehen
Ziele
Ziel der Studie ist es festzustellen, inwieweit der gymnasiale Chemieunterricht, sowie die Lehrprogramme im Bachelor-Studiengang der Chemie im Vergleich mit

Museumspädagogik, welche nach dem konstruktivistischen Ansatz aufgebaut ist, miteinander kongruieren. Im konstruktivistischen Ansatz ermöglichen Museen als Lernorte Begegnungen mit realen Objekten. Dies wiederum ermöglicht, dass die Fähigkeiten und Kompetenzen der Lernenden aufgedeckt werden. Dieser Ansatz ermöglicht, dass der Chemieunterricht nachhaltig und interessant wird. In der Literatur wird erwähnt, dass die Museumspädagogik den Lernenden die Entwicklung von wissenschaftlichen Prozessen wie Kausalbeziehung, Interpretation, Analyse und Synthese ermöglicht.

Die Forschungsmethode der Studie ist die Dokumentenanalyse dabei besagen die Forschungsbefunde, dass die Verwendung der Museumspädagogik im Chemieunterricht sehr signifikant ist. In dieser Studie wurden einige Museen in Ankara besichtigt. In Ankara befinden sich insgesamt 58 Museen, dennoch wurden sie weder von unseren Studenten besucht, die aus Ankara stammen, noch von unseren Studenten, die außerhalb Ankara wohnten. Nach dem Besuch mehrerer Museen im Rahmen dieses Kurses, beschlossen die Studenten noch weitere vier Museen zu besuchen: MTA Generaldirektion Naturhistorisches Museum, Museum für anatolische Zivilisationen Rahmi Koç Museum. und MKE Maschinen- und Chemieindustrie) Industrie- Und Technologie-Museum.

Die Museen beziehen sich nicht nur auf geschichtliche Hintergründe und sie werden nicht nur für sozialwissenschaftliche Untersuchungen verwendet.

Alles in der Umgebung hat etwas mit Chemie zu tun, man sollte wissen, wie außerschulische Lernumgebungen effektiv benutzt werden. Außerdem sollte man wissen, wie Museumspädagogik mit Chemie verbunden werden kann.

Zusammen mit Studenten wurden Antworten auf folgende Fragen gesucht:

Frage 1: Inwieweit der gymnasiale Chemieunterricht im Vergleich mit Museumspädagogik miteinander kongruiert?

In der 9. Klasse gibt es 5 unterschiedliche Lektionen; in den 10. Klasse 4 Lektionen, In der 11. Klasse 6 Lektionen und in der 12. Klasse 4 Lektionen.

Die Frage inwieweit der gymnasiale Chemieunterricht im Vergleich mit Museumspädagogik miteinander kongruiert, lautet die Antwort für die Klassen:

Klasse	**Lektionen**	**MTA Generaldirektion Naturhistorisches Museum**	**Museum für anatolische Zivilisationen**	**Rahmi Koç Museum**	**MKE Industrie- Und Technologie-Museum**
9 Klasse	Wissenschaft der Chemie	X	X	X	X
	Natur und Chemie	X	X	X	X
10 Klasse	Lösungen und Gemische	X	X	X	X
	Chemie ist Überall	X	X	X	X
11. Klasse	Mol-Konzept und Chemische Berechnungen			X	X
	Gase			X	X
12. Klasse	Einführung in die Kohlenstoffchemie	X		X	

Frage 2: Inwieweit Bachelor-Chemie-Lehrprogramme an der Hacettepe Universität im Vergleich mit Museumspädagogik kongruiert?

Für unsere Studenten sehen wir außerschulischen Lernorten eine Gelegenheit, dass fachliche Inhalte der Lebenswirklichkeit begegnen zu können. Sie könnten auch selbst wählen, welche fachlichen Lernzielen verfolgen zu können Die Forschung im Rahmi M. Koç Museum zeigte, dass die Eigenschaften der Spielzeuge, welche im Museum zur Schau gestellt werden, in Verbindung mit „Chemieunterricht fürs Leben“ und „Farbchemie“ stehen. Die Forschung im Rahmi M. Koç Museum zeigte, dass die Eigenschaften der Kleidung und Schuhe, welche im Museum zur Schau gestellt werden, in Verbindung mit „Polymerchemie“ und „Textilchemie“ stehen. Während des Museumsbesuchs wurde beobachtet, dass die Werkstoffe und Werkzeuge, die in der Pharmazie verwendet wurden, am Anfang des 18. Jahrhunderts in Erscheinung getreten sind. Mit dem Beginn der quantitativen Chemie wurden viele Innovationen und Errungenschaften erreicht.

Neurochirurgie Set: Im Museum wird ein Neurochirurgie Set zur Schau gestellt, das aus seltenem französischem Ebenholz von Grangeret in den 1800er Jahren in Paris hergestellt wurde. Napoleon Bonaparte’s Messerschmied Grangeret hat das Neurochirurgie Set signiert. Es ist das einzige Set, das er signiert hat. Das im Rahmi M. Koç Museum untersuchte und oben erläuterte Drogerie- und Arzneimittel stehen in Verbindung mit "Pharmazeutischer Chemie".

In den Kursen "Allgemeine Chemie 1" und "Anorganische Chemie 2" kann die Organisation eines Museumsbesuchs (In MTA Generaldirektion Naturhistorisches Museum) und die visuelle Unterstützung des Ausdrucks zu einem dauerhafteren und einfacheren Erlernen der Informationen beitragen, während gleichzeitig die allgemeinen Eigenschaften von Elementen und einigen Verbindungen erläutert werden.

Eine der effektivsten Lernorte, die als informelle Lernumgebungen bezeichnet werden, sind Museen. Laut Definition des International Council of Museum (ICOM) im Jahr 2007 ist ein Museum "eine öffentliche Einrichtung, steht im Dienst der Gesellschaft und Entwicklung, bezeugt den Menschen und dessen Lebensraum, erforscht, sammelt und bewahrt Materialien und vermittelt Wissen. Die Materialien werden für Bildung und für das Vergnügen im Museum zur Schau gestellt. Des Weiteren ist ein Museum ein unabhängiges, kontinuierliches und nicht-profitorientiertes Institut" (vgl. ICOM, 2007).

Jugendliche, welche die Zukunft bestimmen werden, sollen im frühen Alter mit Museen und mit historischen Orten u.ä. vertraut gemacht werden. Außerdem soll die Wichtigkeit der Museumspädagogik an die Gesellschaft vermittelt werden, damit Museen in unserem Land aktiver werden. Damit dieses Bewusstsein in jungen Jahren erworben werden kann, müssen zuerst die Lehrer ausgebildet werden. Ein Lehrer, der die Relevanz der Museumspädagogik begriffen hat, wird die Entwicklungsmerkmale der Schüler unterstützen und indirekt zur Sozialisierung der Gesellschaft beitragen.

Anstatt nur die Werke in den Museen zu beschreiben, können die Ausstellungstechniken bei der Entwicklung oder Auswertung von Museumsausstellungen einschließlich Schulprograme verwendet werden.

Literatur

Anton, Michael. 2008. Kompendium Chemiedidaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
Fidan, N. (2012) Okulda Öğrenme ve Öğretme Kitabı Baskı: 3 Syf:4-5
Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out of school learning: Formal, non-formal, and informal education. Journal of Science Education and Technology, 16, 171-190. doi:10.1007/s10956-006-9027-1
ICOM, 2007 http://www.icom-deutschland.de/schwerpunkte-museumsdefinition.php

Stefan Schwarzer[1] [1]LMU München
Katrin Sommer[2] [2]Ruhr-Universität Bochum

Teilnahmemotive an und Effekte von Schülerlaborbesuchen

Einleitung

Das Interesse an Naturwissenschaften zu fördern, kann als das primäre Ziel gesehen werden mit dem die Gründung der Schülerlaborszene vor rund 20 Jahren in Deutschland begann.
Dabei soll die positive Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler gegenüber vermeintlich schwierigen Schulfächern wie Physik und Chemie durch die Möglichkeit des angeleiteten und selbständigen Experimentierens, Alltagsnähe (Schwarzer, im Druck) und Aktualität der Themenstellungen und Selbsttätigkeit gesteigert werden. Diese Form des außerschulischen Lernens ist dabei nicht unumstritten. Nicht zuletzt, weil erhebliche Ressourcen in Form von Personal- und Sachmitteln investiert werden. Die erhofften Effekte, z.B. hinsichtlich einer langfristigen Interessenssteigerung, für die im Schülerlaborprogramm dargebotenen Inhalte konnten bisher nicht zweifelsfrei belegt werden. In den letzten Jahren ergaben sich daher Anregungen hinsichtlich einer gesteigerten Nachhaltigkeit von Schülerlaborbesuchen, z.B. die Frage nach der Wichtigkeit der Einbettung des außerschulischen Lernortes in den schulischen Unterricht mittels einer Vor- und Nachbereitung des Besuchs oder nach dem Einfluss der Betreuenden auf die Schülerinnen und Schüler im Schülerlabor.
Auch strukturell hat sich die Schülerlaborszene weiterentwickelt. Nach vereinzelten Gründungen existiert mittlerweile ein lebendiges, inländisches Netzwerk mit rund 380 Schülerlaboren, welches sogar eine Vorbildfunktion für ähnliche Initiativen im Ausland einnimmt. Dabei setzen sich die Schülerlaborbetreibenden ganz unterschiedliche Ziele für ihren Lernort, die sich z.T. in einer Kategorisierung des Lernangebots, die seit Kurzem auch Schülerlabore für Geistes-, Gesellschafts- und Kulturwissenschaften umfasst, widerspiegeln (LernortLabor, 2019). Die Breite an Zielen führt indes zu einer großen Vielfalt an didaktisch motivierten Konzeptionen. Diese aktuellen Konzepte und parallel durchgeführte Forschung rund um den Lernort Schülerlabor zu beleuchten, war Ziel des Symposiums. Dabei reicht das Forschungsspektrum von (klassischen) Fragen nach der Interessenentwicklung durch einen Schülerlaborbesuch bis hin zur Förderung von Sprache im Wissenschaftskontext. Weitere Beiträge thematisierten darüber hinaus wissenschaftsnahe Schülerlabore, die Erkenntnisse aktueller Forschung disseminieren. Ein weiteres Konzept fokussiert auf Teilnahmemotive von Kindern, die zusammen mit ihren Eltern den außerschulischen Lernort Schülerlabor besuchen. Alle in diesem Beitrag kurz und in den Einzelbeiträgen ausführlicher vorgestellten Schülerlaborprojekte eint dabei ihre Verortung an Universitäten oder an eine Universität assoziierte Bildungseinrichtung.
Im **ersten Beitrag** des Vortragssymposiums (Schlüter/Sommer/Lewalter) wurde mit KEMIE® („Kinder Erleben Mit Ihren Eltern - Chemie“) ein außerschulisches Programm vorgestellt, in dem Kinder und ihre Eltern gemeinsam einen Einblick in die Welt der Naturwissenschaften erlangen. KEMIE® zeichnet sich durch drei Merkmale aus: a) Einbindung der Eltern: gemeinsames Forschen mit ihrem Kind, b) eine Langfristigkeit von neun Monaten und c) die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an lebensnahen Beispielen. Dabei ist die Frage nach der Motivation für die Teilnahme der Kinder bzw. der Eltern bislang nicht systematisch untersucht worden. Die Begleitforschung fokussierte dementsprechend auf die Fragen: Wie kann die Teilnahmemotivation von Eltern und Kindern am Eltern-Kind-Programm KEMIE® systematisch erfasst werden und welche Teilnahmemotivation haben die Eltern bzw. die Kinder bei ihrem ersten KEMIE®-Besuch?
Der **zweite Beitrag** (Schulz/Priemer) des Symposiums stellte eine bereits in der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften veröffentlichte Studie vor, in der erstmals mit einer

Stichprobe von mehr als 10.000 Schülerinnen und Schülern untersucht wurde, ob nach Besuchen eines Schülerlabors Interessenunterschiede zwischen Mädchen und Jungen auftreten. Eine bearbeitete Forschungsfrage lautete konkret: Gibt es nach einem Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen im situationalen epistemischen Interesse an physikalischen Themen? Ebenfalls ließ sich mit den erhobenen Daten der Verlauf des situationalen epistemischen Interesses darstellen.
Der **dritte Beitrag** (Hollweck/Schwarzer) thematisiert den Einsatz der Fremdsprache Englisch in einem bilingualen Schülerlabor zu „modernen Materialen" im Bereich der Chemie. Obgleich der bilinguale Unterricht seit nun mehr als einem halben Jahrhundert Einzug in die deutschen Lehrpläne gehalten hat, findet er in den naturwissenschaftlichen Fächern wie Chemie und Physik oder im Schülerlabor häufig wenig bis gar keinen Anklang. Auf Grundlage des modifizierten Modells von Pinner, zur Authentizität in einem *Content and language integrated learning* Klassenzimmer, wurden folgende Forschungsfragen diskutiert: Welche Auswirkung hat eine bilinguale Ausrichtung des Schülerlaborprogramms auf den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie gegenüber einem muttersprachlichen Schülerlaborbesuch? Welche Effekte hat das Treatment auf das Fähigkeitsselbstkonzept teilnehmender Schülerinnen und Schüler?
Im **vierten Beitrag** (Stamer/Schwarzer/Parchmann) wurde die Vermittlung eines möglichst vollständigen Bildes naturwissenschaftlicher Forschungsprozesse in einem Sonderforschungsbereich an Schülerinnen und Schülern im Schülerlabor untersucht.
Hierfür konnten typische Tätigkeiten von Forschenden aus Interviewstudien in RIASEC+N Dimensionen kategorisiert und anschließend explizit in die Videos integriert werden. Diese Videos wurden in die Experimentierstationen im Schülerlabor eingebettet. Eine zugehörige Forschungsfrage lautete: Welche Aspekte nehmen die Schülerinnen und Schüler beim Betrachten von Experimentierstationen zugehörigen Videos über den Arbeitsalltag von Forschenden des Sonderforschungsbereichs wahr?

Ausblick
Es lässt sich feststellen, dass für möglichst wirksame Schülerlaborangebote die Erwartungen und Bewertungen der besuchenden Schülerinnen und Schüler den Schülerlaborbetreibenden bekannt sein sollten. So zeigte sich in einer frühen Evaluation eines außerschulischen Lernangebots (Schwarzer & Parchmann, 2015), dass die seitens der Besuchenden erwartete Authentizität in Bezug auf naturwissenschaftliches Arbeiten hoch ausgeprägt war, aber in der Bewertung nicht erfüllt werden konnte. Darauf basierend wurde die Wahrnehmung der Authentizität der Schülerinnen und Schüler durch den indirekten Kontakt zu Forschenden weiter gefördert (Stamer et al., 2019). Dabei muss die Frage nach der Authentizität in zwei Richtungen ausdifferenziert werden. Zum einen geht es um die Merkmale einer authentisch gestalteten Lernumgebung: u.a. Material, Inhalt, Methoden, Vermittler, Ort (Sommer, Rummel & Wirth, 2018); Ausgewählte Merkmale, die untersucht und z.T. im Rahmen dieses Vortragssymposiums und in den Einzelbeiträgen vorgestellt wurden, z.B. das eingesetzte Material, Englisch als Sprache der Naturwissenschaften, hier umgesetzt durch das beschriebene bilinguale Schülerlaborprojekt; z.B. Kontakt zum Vermittler – Videos als effektive Alternative; z.B. Lernort (Betz, 2018). Zum anderen geht es um die wahrgenommene Authentizität der Lernenden bezogen auf die konzipierte Lernumgebung (Sommer, Firstein & Rothstein, im Druck).
Ebenso relevant als Ausgangspunkt für den inhaltlichen Zuschnitt von Schülerlaborangeboten ist die nach den Teilnahmemotiven. Hierfür wurde ein Erhebungsinstrument aus der Besucherforschung eingesetzt und vorab für Fragen im Schülerlabor adaptiert. Durch die Untersuchung der Teilnahmemotive (am Beispiel KEMIE®) war es möglich, Kenntnisse über die Erwartungen der Teilnehmer zu gewinnen. Das Kennen der Motive ist für die Programmentwickler wichtig, um zielgruppengerechte Programme entwickeln zu können.

Literatur

Betz, A. (2018). Der Einfluss der Lernumgebung auf die (wahrgenommene) Authentizität der linguistischen Wissenschaftsvermittlung und das Situationale Interesse von Lernenden. Unterrichtswissenschaft 46 (3), 261–278.

LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (Hrsg.): Schülerlabor-Atlas 2019: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum. - Stuttgart: Klett MINT, 2019, 13.

Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2015). Erwartungen von Schülern und Wissenschaftlern an Schülerlaborbesuche. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 232-234). Kiel: IPN.

Schwarzer, S.: Gestaltungsprinzip der Alltagsnähe in Schülerlaboren. K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.). Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete. Münster: Waxmann-Verlag (im Druck).

Sommer, K., Rummel, N. & Wirth, J. (2018). Authentizität der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor – Einführung in den Thementeil. Unterrichtswissenschaft 46 (3), 253–260.

Sommer, K., Firstein, A. & Rothstein, B.: Authentizität (der Wissenschaftsvermittlung) im Schülerlabor. K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.). Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete. Münster: Waxmann-Verlag (im Druck).

Stamer, I., Pönicke, H., Tirre, F., Laherto, H., Höffler, T., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2019). Development & validation of scientific video vignettes to promote perception of authentic science in student laboratories. Research in Science & Technological Education, DOI: 10.1080/02635143.2019.

Bert Schlüter[1]
Katrin Sommer[1]
Doris Lewalter[2]

[1]Ruhr-Universität Bochum
[2]TU München

Teilnahmemotivation bei KEMIE®

Experimentelle Eltern-Kind-Programme

Seit den 1960er Jahren sind experimentelle Eltern-Kind-Programme dokumentiert. An der Municipal University von Omaha (Nebraska) wurde ein Eltern-Kind-Programm durchgeführt (O'Connor, 1960), bei dem das Ziel war, Kindern und ihren Eltern chemisches Fachwissen zu vermitteln und grundlegende Abläufe naturwissenschaftlicher Arbeit aufzuzeigen. Man erhoffte sich, das allgemeine Interesse der 10- bis 14-Jährigen an Chemie zu steigern. Die sechs Versuchstage folgten einem strikten Ablauf: Einem einstündigen Vortrag mit Demonstrationsexperimenten folgte eine einstündige Arbeitsphase im Labor. Am ersten Versuchstag stand das Thema Atomaufbau im Mittelpunkt. Die Teilnehmer lernten sowohl die Elementarteilchen als auch die Kettenreaktionen kennen, und im Labor kam der Geiger-Zähler zum Einsatz.

Das Projekt „Exploring Chemistry for Parents and Children" – 1976 an der Washburn University of Kansas initiiert – unterwarf sich als erstes dem Verbot formeller Vorträge (Cohen, 1976). Stattdessen steht das Lernen durch eigene Experimente und Demonstrationsexperimente sowie durch Gruppengespräche im Vordergrund. Die Themenauswahl der sechs, zweistündigen Experimentiereinheiten für Kinder und ihre Eltern orientiert sich trotz der gesteigerten Interaktion zwischen Kindern und Eltern immer noch stark an den Konzepten der Fachwissenschaft Chemie (z.B. „Säure und Base" sowie „Elektrochemie").

Das Lernarrangement KEMIE® („Kinder Erleben Mit Ihren Eltern - Chemie") bietet seit 2008 Eltern-Kind-Paaren die Möglichkeit, einen handlungsorientierten Einblick in die Naturwissenschaft Chemie zu erhalten. Es zeichnet sich durch drei Merkmale aus: a) Einbindung der Eltern: gemeinsames Forschen mit ihrem Kind, b) eine Langfristigkeit von neun Monaten und c) die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen an lebensnahen Beispielen (Sommer et al., 2013).

Gemeinsam mit einem Elternteil - als Experimentier-Dyade - erleben die Kinder der 3.-6. Jahrgangsstufe monatlich eine KEMIE®-Einheit mit wechselnden Themenschwerpunkten. Dabei werden die Eltern-Kind-Paare durch die Einheiten von einem Betreuer begleitet. Nach einer kurzen Einführung in die Thematik beginnen die Experimentier-Paare, durch Arbeitsblätter gestützt, zu experimentieren. Je nach Komplexität und Länge der Experimente sind zwischen den Experimenten Phasen zur Besprechung der vergangenen und Erläuterung der nächsten Experimente eingebaut. Im Oktober 2019 startete der zwölfte KEMIE®-Jahrgang mit 96 Eltern-Kind-Paaren.

Die Begeisterung für und die engagierte Teilnahme an solche(n) experimentellen Eltern-Kind-Programme(n) wird immer wieder beschrieben, aber die Frage nach der Teilnahmemotivation von Eltern und Kindern blieb bisher weitestgehend unbeantwortet. Es lässt sich lediglich vermuten, dass das gemeinsame Verbringen von Zeit und das gemeinsame Lernen Gründe für den Besuch der Teilnehmenden sein könnten (Kelter, Paulson, 1990). Systematische wissenschaftliche Begleituntersuchungen zur Teilnahmemotivation von Eltern und Kindern an experimentellen Lern-Arrangements gibt es jedoch keine.

Teilnahmemotivation an außerschulischen Lernorten

Wagt man einen Blick über den Tellerrand hinaus zu öffentlichen Einrichtungen wie Museen, Zoos oder Science-Centern, entdeckt man, dass es hier zur Tradition gehört, die Besuchsmotivation von Besucherinnen und Besuchern zu erfassen.

Ostlund, Gennaro, Dobbert (1985) konnten mit ihrer Studie in einem Science Center und einer offenen Fragestellung erste qualitative Ergebnisse zeigen. Währenddessen die Eltern primär ihren Besuch mit dem gemeinsamen Verbringen von Zeit begründeten, taten es die Kinder mit dem Interesse an den inhaltlichen Aspekten. Bei der Auswertung der Folgestudie kam ein weiterer Teilnahmegrund zum Vorschein. Sowohl Kinder als auch Eltern begründen ihren Besuch mit dem gemeinsamen Lernen von neuen Sachverhalten (Gennaor, Hereid, Ostlund, 1986). Eine mittlerweile lange Forschungstradition geht auf Interviewstudien von beispielsweise Falk, Moussouri & Coulson (1998) sowie MacDonalds (1995) zurück. Packer & Ballantyne (2002) sowie Falk, Heimlich & Bronnenkant (2008) haben die Besuchermotivation mittels Fragebogen erfasst. In allen Studien zeigen sich die große Bedeutung einerseits des Lernens und Wissenserwerbs und andererseits der sozialen Interaktion.

Falk identifizierte in seinen Arbeiten fünf identitätsbezogene Kategorien, wie beispielsweise den Besuchertyp „The Explorer“. Dieser ist durch den Wunsch, etwas Neues zu lernen und zu entdecken, für den Besuch motiviert. „The Facilitator“ ist dahingegen durch die Unterstützung und die Begleitung Anderer, z.B. Familienmitglieder oder Freunde, für deren Besuchsbegleitung motiviert. Des Weiteren beschreibt Falk die Besuchertypen „The Professional/Hobbyist“, „The experience Seeker“, und „The spiritual Pilgrim/Recharger“. Trennscharf sind diese Besuchertypen jedoch nicht. Eine Person kann durch aus mehrere dieser Kategorien vertreten.

Phelan, Bauer & Lewalter (2017) konnten weitere Motivationsbereiche identifizieren. Zu nennen sind: Entspannung und Erholung, Introspektion, Freude, neue Erlebnisse und Attraktivität des Ortes. Basierend auf dieser Forschungslage und dem Wunsch, die Besuchsmotivation zeitsparend ermitteln zu können, haben Phelan, Bauer & Lewalter (2017) anschließend ein Instrument mit 6 Skalen entwickelt. Die Dimension ***Individual Learning and pursuing Interests*** erfasst, ob die Teilnahme auf der Erwartung beruht, neue Sachverhalte lernen und eigene Interessen verfolgen zu können. Die Dimension ***Social Learning*** erfasst, ob die Teilnahme auf Grund des Wunsches, den Wissenszuwachs einer Begleitperson zu unterstützen beruht. Mit der Dimension ***Social Enjoyment*** kann festgestellt werden, ob die Teilnahme aufgrund der erwarteten Möglichkeit des gemeinschaftlichen Erlebens der besuchten Einrichtung erfolgt. Mit der Dimension ***establishing or enjoying Social Contacts*** soll bestimmt werden, ob die Teilnahme auf der Erwartung fußt, neue Kontakte knüpfen zu können. Die Dimension ***Relaxation and Recuperation*** ist in der Lage zu messen, ob die Teilnahme auf Grund der Erwartung von Möglichkeiten zur Erholung und Entspannung besteht. Die Dimension ***Popularity of the Site*** soll ermitteln, ob die Teilnahme durch die Besonderheit bzw. den Ruf des öffentlichen Ortes begründet ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die Besuchsmotivation von Besuchenden im Museum, Kunstmuseum und Zoo mit dem Instrument erfasst werden kann.

Forschungsfragen

Wie kann die Teilnahmemotivation von Eltern und Kindern am Eltern-Kind-Programm KEMIE® systematisch erfasst werden?

Welche Teilnahmemotivation haben die Eltern bzw. die Kinder bei ihrem ersten KEMIE®-Besuch?

Methodisches Vorgehen

Das von Phelan, Bauer & Lewalter (2017) entwickelte Instrument hat eine Anpassung auf das sprachliche Niveau der Kinder erfahren. Dazu wurden die Items in eine kinderfreundliche und altersgerechte Sprache übersetzt. Zusätzlich fand eine Adaption im Hinblick auf das Eltern-Kind-Programm KEMIE® und die damit verbundenen Gegebenheiten statt. Das Instrument besteht nach der Anpassung aus 18 Items mit einer 5-stufigen Likert-Skala mit den Polen 1 (gar nicht wichtig) und 5 (sehr wichtig). In einem Eingangstext wurde der Bezug zu KEMIE® deutlich gemacht und nach Gründen für den heutigen Besuch gefragt. Jedes Item beginnt mit: „Ich bin heute zu KEMIE® gekommen, …".

Die Stichprobe besteht aus teilnehmenden Kindern und Eltern der KEMIE®-Jahrgänge 2017/18 und 2018/19. An der Erhebung in den genannten Jahrgängen nahmen insgesamt 342 Personen teil, davon 172 Kinder und 170 Eltern. Unmittelbar vor der ersten KEMIE®-Einheit im Oktober wurden die teilnehmenden Eltern und Kinder gebeten, den Fragebogen im Paper-Pencil-Design auszufüllen, um eine mögliche Beeinflussung durch die Intervention zu verhindern. Zusätzlich wurde der Fragebogen für die Kinder wertfrei vorgelesen, um mögliche unterschiedliche Voraussetzungen der Kinder auszugleichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Adaption zeigen, dass die interne Konsistenz bei allen Skalen im ausreichenden bis guten Bereich liegen. Zusätzlich zur internen Konsistenz zeigen sowohl die exploratorische als auch die konfirmatorische Faktorenanalyse ausreichend hohe Ladungen auf den entsprechenden Faktoren. Nennenswerte Querladungen zu anderen Faktoren lassen sich bei keinem der Items finden. Sowohl das Kaiser-Meyer-Olkin Kriterium als auch der Bartlett-Test auf Sphärizität weisen auf die Brauchbarkeit des Instruments hin. Zusätzlich wurde das Modell auf die Passung der Eltern als auch auf die der Kinder getestet. Die Modelfits zeigen, dass die Adaption funktioniert hat. Das Instrument verfügt über eine ausreichende Güte und kann daher im Rahmen von experimentellen Lern-Arrangements eingesetzt werden. Zum ersten Mal kann mithilfe der von Phelan und Kollegen entwickelten und von Schlüter, Lewalter, Sommer adaptierten Kurzskala die Teilnahmemotivation von Erwachsenen und Kindern simultan und altersgerecht erfasst werden.

Die deskriptive Auswertung der Ergebnisse bestätigt die bestehenden Vermutungen von Kelter & Paulson (1990) und Ostlund, Gennaro & Dobbert (1985). Die Gruppe der Eltern besuchen KEMIE® hauptsächlich aus sozialen Gründen. Das Verbringen von Zeit mit dem Kind und das gemeinsame Lernen stehen im Fokus. Der eigene Wissenserwerb ist für die Eltern jedoch ebenfalls von großem Interesse. Die Gruppe der Kinder gibt als Hauptteilnahmegrund für ihren Besuch an, selber etwas lernen zu wollen. Darauf folgen die Teilnahmegründe der sozialen Dimensionen. Damit unterscheiden sich die beiden Gruppen weniger in ihrer Teilnahmemotivation voneinander als viel mehr in der Priorisierung der einzelnen Dimensionen.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass das von Phelan et al. entwickelte und von uns adaptierte Instrument auf den Schülerlaborkontext und auf die Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler der 3. – 6. Klasse angepasst ist. Mithilfe des Instruments können die verschiedenen Bedürfnisse der Teilnehmenden berücksichtigt werden. Dazu zählen die individuellen Bedürfnisse wie das Lernen, oder die Erholung aber auch die kollektiven Bedürfnisse wie das gemeinsame Verbringen von Zeit oder das gemeinsame Lernen neuer Sachverhalte. Diese Ergebnisse geben Anlass dazu, generell die Teilnahmemotivation von Schülerinnen und Schülern in Schülerlaboren und Schülerforschungszentren zu erheben. Denn gerade die Erhebung der Teilnahmemotivation von Schülerinnen und Schülern an außerschulischen Lernorten könnte ein entscheidender Wegweiser in der Entwicklung und Konzeption von wirksamen Lernangeboten sein.

Literatur

Cohen, S. H. (1979). Exploring chemistry for parents and children. In: Journal of Chemical Education, 56 (11), 736-737.

Falk, J. H.; Heimlich, J.; Bronnenkant, K. (2008). Using Identity-Related Visit Motivations as a Tool for Understanding Adult Zoo and Aquarium Visitors' Meaning-Making. In: Curator: The Museum Journal, 51 (1), 55-79.

Falk, J. H.; Moussouri, T.; Coulson, D. (1998). The Effect of Visitors' Agendas on Museum Learning. In: Curator: The Museum Journal, 41 (2), S. 107-120.

Gennaro, E. D.; Heired, N.; Ostlund, K. (1986). A Study of the latent effects of family learning courses in science. In: Journal of Research in Science Teaching, 23 (9), 771-781.

Hermens, R. A.; Mecoy, K. E. (1986). Chemistry for mommies and daddies. In: Journal of Chemical Education, 63 (8), 696.

Kelter, P. B.; Paulson, J. R.; Benbow, A. (1990). Kitchen chemistry. A PACTS workshop for economically disadvantaged parents and children. In: Journal of Chemical Education, 67 (10), 892.

MacDonalds, S. (1995). Consuming Science: Public Knowledge and the Dispersed Politics of Reception among Museum Visitors. In: Media, Culture & Society, 17 (1), 13-29.

O'Connor, R. (1960). Chemistry for parents and children. An experiment in community service. In: Journal of Chemical Education, 37 (12), 639.

Ostlund, K.; Gennaro, E.; Dobbert, M. (1985). A naturalistic study of children and their parents in family learning courses in science. In: Journal of Research in Science Teaching, 22 (8), 723-741.

Packer, J.; Ballantyne, R. (2002). Motivational Factors and the Visitor Experience. A Comparison of Three Sites. In: Curator: The Museum Journal, 45 (3), 183-198.

Phelan, S.; Bauer, J.; Lewalter, D. (2017). Visit motivations. Development of a short scale for comparison across sites. In: Museum Management and Curatorship, 61 (4), 1-17.

Schlüter, B.; Sommer, K.; Lewalter, D. (im Druck). Anpassung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Teilnahmemotivation bei KEMIE®- einem experimentellen Eltern-Kind-Programm. In: Sommer, K.; Wirth, J.; Vanderbeke, M. (Hrsg.): *Handbuch Forschen im Schülerlabor – Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete*. Münster: Waxmann-Verlag.

Sommer, K. et al (2013). KEMIE – Kinder Erleben Mit Ihren Eltern – Chemie. Sonderausgabe. In: Chemie konkret, 20 (5), 213-348.

Johannes Schulz
Burkhard Priemer

Humboldt-Universität zu Berlin

Das situationale epistemische Interesse von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors

Vorbemerkung

Der nachfolgende Text beschreibt eine Studie, die das situationale epistemische Interesse von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors untersucht hat. Dabei handelt es sich um eine stark gekürzte Zusammenfassung eines bereits erschienen Artikels (Priemer, Menzl, Hagos, Musold & Schulz, 2018) unter Verwendung von umfangreichen wörtlichen Auszügen daraus - erweitert um wenige neu hinzugefügte Ergebnisse (siehe Abschnitt Ergänzung). Der besseren Lesbarkeit halber sind die Zitate nicht einzeln gekennzeichnet.

Situationales epistemisches Interesse

Situationales Interesse lässt sich als inhaltsbezogene Motivation auffassen, die an eine momentane Lernsituation geknüpft ist, durch gegenstands- und situationsbezogene Reize erzeugt werden kann (Mitchell, 1993; Renninger & Hidi, 2011, 2016) und durch drei wesentliche Aspekte beeinflusst wird: die Gestaltung der vorliegenden Lernumgebung, die individuell wahrgenommene Interessantheit des Inhalts und das Erleben während der Beschäftigung (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 2002). Dieses kann in drei Komponenten unterteilt werden (Krapp, 1992): die emotionale, die wertbezogene und die epistemische. Für eine fachinhaltliche Betrachtung – die wir in unserer Untersuchung vornehmen möchten – ist insbesondere die epistemische Komponente bedeutsam. Sie berücksichtigt die Bedürfnisse einer Person, ihre Kompetenzen und Fähigkeiten bezüglich eines Interessengegenstandes (eines Inhalts) zu erweitern.

Untersuchungen zum situationalen Interesse in Schülerlaboren

Die epistemische Komponente zeichnet sich gegenüber der emotionalen und der wertbezogenen dadurch aus, dass sie im Kontext der Schülerlabore eine geringere Ausprägung zeigt (Engeln, 2004, S. 95; Guderian, 2007, S. 114). Guderian (2007) konnte weiterhin zeigen, dass die epistemische Komponente bei mehrfachen Besuchen eines Schülerlabors im Gegensatz zur wertbezogenen und emotionalen Komponente vergleichsweise stabil bleibt. Schließlich berichtet Pawek (2009, S. 113) von Geschlechterunterschieden in der Entwicklung der epistemischen, nicht aber der wertbezogenen oder der emotionalen Komponente. Zusammenfassend kann ein positiver Befund berichtet werden: Schülerlabore wecken das situationale Interesse z. B. an physikalischen Themen (vgl. Guderian & Priemer, 2008; Mokhonko, Nickolaus & Windaus, 2014). Die Studien, die nach Unterschieden im situationalen Interesse zwischen Mädchen und Jungen gefragt haben (z. B. Engeln, 2004, S. 95; Guderian, 2007, S. 127 und 150; Pawek, 2009, S. 172), berichten von keinen bedeutsamen Unterschieden zwischen beiden Gruppen. Dies gilt auch für die epistemische Komponente.

Forschungsfrage

Die zugrunde liegenden Stichproben der zitierten Studien waren vergleichsweise klein und jeweils auf bestimmte Klassenstufen beschränkt (z. B. N = 324 aus den Klassenstufen 9 und 10 bei Engeln, 2004; N = 46 aus den Klassenstufen 5 und 6 bei Guderian, 2007; N = 298 aus den Klassenstufen 9 und 10 bei Pawek, 2009), sodass die Frage nach Geschlechterunterschieden letztlich nicht in hinreichender Güte und Breite beantwortet werden konnte. Dies soll die hier vorliegende Studie leisten: Gibt es nach einem Besuch eines

naturwissenschaftlichen Schülerlabors Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen im situationalen epistemischen Interesse an physikalischen Themen?

Methode

Das situationale epistemische Interesse wurde mit einem Fragebogen aus fünf Items mit einer fünf-stufigen Likert-Skala erhoben (Engeln, 2004). Die Skala hat eine gute interne Konsistenz von alpha = 0,83. Es wurden N = 11.032 (47,2 % Mädchen und 52,8 % Jungen) Probanden befragt, die ein Schülerlabor der Humboldt-Universität zu Berlin besucht haben.

Tab. 1. Vergleich des situationalen epistemischen Interesses von Mädchen und Jungen (N Anzahl der Probanden, M Mittelwert, SD Standardabweichung, SEM Standardfehler des Mittelwerts, Skala von 1 (sehr hoch) bis 5 (sehr gering))

	Schülerinnen			Schüler		
Klassenstufe	N	M	SEM	N	M	SEM
1 bis 4	163	2,15	0,06	162	2,21	0,07
5 bis 6	4.199	2,51	0,01	4.178	2,55	0,02
7 bis 8	154	3,25	0,07	150	2,95	0,07
9 bis 10	62	3,12	0,09	90	3,10	0,08
11 bis 13	631	3,30	0,03	1.243	3,19	0,02

Ergebnisse

Wird das situationale epistemische Interesse auf einer Skala von 1 (sehr hoch) bis 5 (sehr gering) angegeben, so ergeben sich für die Gesamtstichprobe ein Mittelwert von M = 2,66 (SD = 0,95, SEM = 0,01, MDN = 2,6), für Mädchen M = 2,62 (SD = 0,92, SEM = 0,01, MDN = 2,6) und für Jungen M = 2,70 (SD = 0,97, SEM = 0,01, MDN = 2,6) (Tab. 1).

Zur Prüfung der Unterschiedshypothesen wurde der Mann-Whitney-U-Test herangezogen. Dieser ergibt für die Gesamtstichprobe einen signifikanten Unterschied des Interesses zwischen Mädchen und Jungen: U (5209, 5823) = -3,96, $p < 0,001$. Die Effektstärke ist mit r = -0,04 jedoch sehr klein. Untersucht man die Unterschiede getrennt für die Klassenstufengruppen, so ergeben sich nur in den Klassenstufen 7 bis 8 (U (154, 150) = -3,21, p = 0,01) und 11 bis 13 (U (631, 1243) = -2,51, p = 0,001) signifikante Unterschiede. Diese haben wieder kleine (r = -0,18) bzw. sehr kleine (r = -0,06) Effektstärken. Auch parametrische Verfahren führen bei allen Gruppenvergleichen zu den gleichen Ergebnissen.

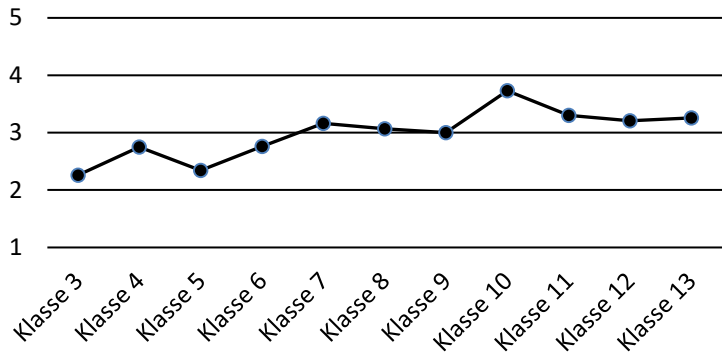


Abb. 1. Verlauf des situationalen epistemischen Interesses (Skala von 1 (sehr hoch) bis 5 (sehr gering)) in Abhängigkeit von der Klassenstufe

Ergänzung

Über die oben genannte Forschungsfrage hinaus lässt sich mit den Daten der Untersuchung der Verlauf des situationalen epistemischen Interesses darstellen (Abb. 1). Hierzu wurde eine modifizierte Stichprobe von N = 9012 herangezogen, bei der die Anzahl der Probanden der verschiedenen Klassenstufen (vgl. Tab. 1) ausgewogener ist. Eine Varianzanalyse zeigt einen signifikanten mittleren Effekt der Klassenstufe in Bezug zur Ausprägung des Interesses ($F(10, 9001) = 107{,}57$, $p < .001$, $eta^2 = 0{,}107$, $N = 9012$, $f = 0{,}35$).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass Mädchen und Jungen nach einem Besuch im Schülerlabor nahezu das gleiche situationale epistemische Interesse an den behandelten physikalischen Themen der Projekte aufweisen. Wir möchten betonen, dass unsere Studie eine Deskription liefert, jedoch keine Wirkungszusammenhänge aufklären kann. Ohne Erfassung eines Eingangsinteresses, z. B. in Form eines Trait-Konstrukts wie dem individuellen Interesse, sind keine Aussagen über die Ursachen des gleichen situationalen Interesses von Mädchen und Jungen möglich, da z. B. das individuelle Interesse signifikant mit dem aktuellen Interesse korreliert (vgl. für Schülerlabore z. B. Engeln, 2004, S. 96, oder Guderian, 2007, S. 124). Insofern können wir für unsere Stichprobe keine Unterschiede bzw. Gleichheit bei Mädchen und Jungen z. B. im Sachinteresse an den angebotenen Themen annehmen und deshalb auch nicht folgern, dass die Projekte des Schülerlabors bestehende Unterschiede im Interesse nivellieren. Derartige Wirkzusammenhänge müssen in zukünftigen Studien gezeigt werden. Dass diese vorliegen könnten, lässt sich jedoch gut motivieren: Signifikante *Unterschiede* zwischen Mädchen und Jungen in interessenbezogenen Trait-Konstrukten bzgl. physikalischen bzw. naturwissenschaftlichen Themen zeigen sich z. B. *für die Sekundarstufe 1* bei Jansen, Schroeders und Stanat (2013, S. 357) oder bei Schiepe-Tiska, Simm und Schmidtner (2016, S. 110). *Keine Unterschiede* zwischen Mädchen und Jungen *bei Grundschulkindern* zeigen sich hingegen bei den Einstellungen bzgl. des Sachunterrichts (Wendt, Steinmayr & Kaper, 2016, S. 287) bzw. beim individuellen Interesse (Guderian, 2007). Gehen wir bei unserer Stichprobe von Repräsentativität an (was naheliegend ist, aber nicht gezeigt wurde), dann würde sowohl bei einem Unterschied im Eingangsinteresse der Sekundarschülerinnen und -schüler als auch bei einem gleichen Eingangsinteresse der Primarschülerinnen und -schüler die Instruktion im Schülerlabor zu gleichem aktuellen Interesse für beide Teilstichproben führen. Für die Gesamtstichprobe betrachtet existiert damit kein Unterschied im situationalen Interesse zwischen Mädchen und Jungen nach einem Schülerlaborbesuch unabhängig davon, ob zuvor ein Unterschied im Eingangsinteresse vorlag oder nicht. Unsere Untersuchung unterliegt verschiedenen Einschränkungen. So wurde mit dem epistemischen Interesse nur eine Komponente des situationalen Interesses quasi „isoliert“ erhoben, nur ein Zeitpunkt – direkt nach dem ersten Besuch des Schülerlabors – betrachtet, nur ein einziges Schülerlabor herangezogen und nur physikalische bzw. physiknahe Themen von Projekten untersucht. Die Übertragung auf Schülerlabore im Allgemeinen muss deshalb mit Vorsicht erfolgen. Ferner wissen wir nicht, welche Eigenschaften eines Schülerlaborbesuchs (der Ausflugscharakter, die projektartige Arbeit, das selbstständige Experimentieren,...) wirksam werden. Die berichteten Ergebnisse müssen deshalb auch nicht ausschließlich nur für Schülerlabore gelten, sondern können ggf. auch im Schulunterricht erzielt werden. Deshalb ist für zukünftige Studien interessant herauszufiltern, welche Faktoren (bezogen auf die Schülerinnen und Schüler sowie auf die Lernumgebung) in welchem Zusammenspiel zu den gleichen situationalen Interessen von Mädchen und Jungen nach einem Schülerlaborbesuch führen und ob diese auch im Schulunterricht wirksam werden können.

Literatur

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos.

Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Diss. Humboldt-Universität zu Berlin, http://edoc.huberlin.de/docviews/abstract.php?lang=ger&id=27927.

Guderian, P. & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 2/7,* 27-36.

Hidi, S. & Renninger, A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist 41*, 111-127.

Jansen, M., Schroeders, U. & Stanat, P. (2013). Motivationale Schülermerkmale in Mathematik und den Naturwissenschaften. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 348-365). Münster: Waxmann.

Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt - Bestimmungsmerkmale der Interessenshandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstand-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), Interesse, Lernen, Leistung (S. 9-52). Münster: Aschendorff.

Krapp, A. (2002). Structural and Dynamic Aspects of Interest Development: Theoretical Considerations from an Ontogenetic Perspective. *Learning and Instruction 12*, 383-409.

Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary School Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology 85(3),* 424-436.

Mokhonko, S., Nickolaus, R. & Windaus, A. (2014). Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 20*, 143-159, doi 10.1007/s40573-014-0016-2.

Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Diss. IPN, http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669.

Priemer, B., Menzl, C., Hagos, F., Musold, W. & Schulz, J. (2018). Das situationale epistemische Interesse an physikalischen Themen von Mädchen und Jungen nach dem Besuch eines Schülerlabors. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0073-z

Renninger, K. A. & Hidi, S. (2011). Revisiting the conceptualization, measurement, and generation of interest. *Educational Psychologist 46,* 168-184.

Renninger, K.A. & Hidi, S. (2016). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*. New York: Routledge.

Schiepe-Tiska, A., Simm, I. & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015, Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (99-132). Münster: Waxmann.

Wendt, H., Steinmayr, R. & Kaper, D. (2016). Geschlechterunterschiede in mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen. In H. Wendt, W. Bos, C. Selter, O. Köller, K. Schwippert & D. Kasper, *TIMSS 2015, Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (257-297). Münster: Waxmann.

Sezen Hollweck LMU München
Stefan Schwarzer

Geschlechtereffekte im bilingualen Schülerlabor

Problemstellung

Mit der Globalisierung gewinnen fremdsprachliche Kompetenzen auch in den naturwissenschaftlichen Schulfächern zunehmend an Bedeutung. Nicht erst seit dem Bologna Prozess fordern die Kultusminister der Länder eine mehrsprachige *Scientific Literacy* (Hallet, 2008), die die Arbeitnehmer auf zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen vorbereiten soll. Dieser ursprünglichen Intention entwachsen soziokulturelle Ziele, die die Einbettung der Fremdsprache Englisch als Wissenschaftssprache berufsperspektivisch immer stärker in den Vordergrund rücken lassen. Unter dem europäischen Informationsnetz zum Bildungswesen Eurydice wurde bereits 1994 der Begriff des *Content and language integrated learning* (kurz CLIL) geprägt. Hieraus hat sich in Deutschland der bilinguale Unterricht als Variante des CLIL entwickelt. Gemeint ist der Unterricht im Sachfach unter Einsatz einer Fremdsprache, wobei die Fremdsprache lediglich als Werkzeug zur Vermittlung des Fachinhaltes verstanden wird. Vorangegangene Studien zur beschriebenen Unterrichtsmethode, die größtenteils aus der Fremdsprachendidaktik stammen, deuten auf eine für Mädchen besonders günstige Lernatmosphäre hin. Zum Zwecke der Förderung von Gleichstellung in MINT Berufen und des Interesses am Fach Chemie folgt der Einsatz der Fremdsprache Englisch als Wissenschaftssprache im außerschulischen Lernort Schülerlabor. Die vorliegende Studie baut auf dem theoretischen Gerüst der Schülerlaborforschung und dem bilingualen Unterricht in den Naturwissenschaften auf und wird im Folgenden beschrieben.

Theoretischer Hintergrund

1.1 Bilingualer Unterricht in den Naturwissenschaften

Obgleich der bilinguale Unterricht seit nun mehr als einem halben Jahrhundert Einzug in die deutschen Lehrpläne gehalten hat, findet er in den naturwissenschaftlichen Fächern wie Chemie und Physik häufig wenig Anklang. Zu groß erscheint die Barriere, eine Fremdsprache zum Zwecke des Fachlernens einzusetzen. Darüber hinaus belegen nur wenige aussagekräftige Studien die Wirksamkeit des Chemieunterrichts in der Fremdsprache Englisch hinreichend (Kemper and Becker, 2016). Nicht selten wird sich auf Berichte aus der Unterrichtspraxis gestützt (Aristov, 2013). In der Fremdsprachendidaktik jedoch war der bilinguale Unterricht bereits Gegenstand zahlreicher Studien. Früh wurden Potential und förderliche Einflüsse dieser Unterrichtsform z.B. auf Mädchen und junge Frauen erkannt. So weisen Studien auf die motivierende Wirkung durch den Einsatz der Fremdsprache im Sachfach für die benannte Zielgruppe hin. Begründet wird dies durch die veränderte Wahrnehmung der Inhalte, ausgehend von den drei Domänen der Authentizität in einem CLIL Klassenzimmer (Pinner, 2013): dem authentischen Gebrauch (1), der Nutzung authentischer Aufgaben (2) und der Darbietung authentischer Texte (3). Bezogen auf das Geschlecht lässt sich durch das bilinguale Treatment gerade bei Schülerinnen ein höherer Wissenszuwachs nachweisen (Buse, 2017; Duske, 2017), der mit ihrem subjektiven Fachwissenszuwachs einhergeht (Haagen-Schützenhöfer et al., 2011). Affektiv konnte ein Anstieg im Selbstkonzept der Schülerinnen nachgewiesen werden. Zurückzuführen ist dies auf das akademische Selbstkonzept, in dem Schülerinnen erhöhte Sprachkompetenzen zugeschrieben werden (Marsh, 1986).

1.2 Schülerlabore

Mit dem Ziel der Förderung von Schülerinnen und Schülern in den Naturwissenschaften haben Schülerlabore in Deutschland einen bedeutenden Stellenwert erlangt. Der Einfluss des Lernortes selbst stellt ein zentrales Konstrukt der Schülerlaborforschung dar. Durch die Verknüpfung von praktischer Arbeit an realen Objekten werden die Schülerinnen und Schüler

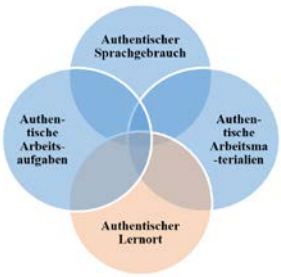


Abb. 1: Vier Domänen der Authentizität abgewandelt (nach Pinner, 2013)

im Schülerlabor mit problemorientierten Lernansätzen konfrontiert (Mierwald et al., 2018). Ähnlich wie im bilingualen Unterricht spielt auch die Authentizität im Lernort Schülerlabor eine entscheidende Rolle. Der Einsatz authentischer Materialien an realen Forschungsthemen hilft den Schülerinnen und Schülern Lebensweltbezüge zu erfahren, wobei die zusätzliche Bedeutung des Inhalts nachweislich motivationale Effekte erbringen (Abed and Dori, 2007). Pinners Modell zur Authentizität in einem CLIL Klassenzimmer kann durch die Bezugnahme auf den außerschulischen Lernort Schülerlabor, der z.B. an einer Forschungseinrichtung angegliedert ist, um eine weitere Domäne zur Authentizität „Authentisches Setting" ergänzt werden (siehe *Abb.1*). Um zu untersuchen, welche Auswirkungen der Einsatz der Fremdsprache Englisch auf das Erleben chemischer Zusammenhänge hat, wurde das Schülerlaborprogramm LMU*chemlab* im Rahmen dieser Studie auf Englisch durchgeführt und zwei Jahre wissenschaftlich begleitet.

Das bilinguale Schülerlabor LMU*chemlab*

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Intervention knüpft an bereits existierende Studien zu bilingualen Schülerlaborsettings an. Das an das Department Chemie der LMU München angegliederte Lehr-Lern-Schülerlabor LMU*chemlab* fungiert als außerschulischer Lernort zur Wissenschaftskommunikation. In enger Kooperation mit der Fachwissenschaft werden Experimentierstationen entwickelt, die unter dem thematischen Oberbegriff „moderne Materialien" zusammenzufassen sind. Das Programm enthält fünf Stationen, die sowohl monolingual Deutsch aber auch bilingual Englisch für die Sek. II angeboten werden. Inhaltlich wird insbesondere eine Kontextualisierung nanotechnologischer Entwicklungen aus dem Alltag vorgenommen, um einen nötigen Realbezug zu schaffen. Zudem wird eine schulische Vor- und Nachbereitung angeboten. Die Vorbereitung zeigt fachlich relevanter Inhalte in Form von Videos mit Forschenden aus der Chemie auf. Diese Videos werden eine Woche vor dem Schülerlaborbesuch an der Schule gezeigt. Der bilingualen Gruppe werden in den Videos zusätzlich relevante chemische Fachbegriffe eingeblendet, um den späteren fachlichen Diskurs im Schülerlabor zu ermöglichen. Ziel der Videos ist es, einen ersten Einblick in diesen authentischen Lernort an der Universität sowie der Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu geben. Im Rahmen der Nachbereitung, die eine Woche nach dem Schülerlabortag stattfindet, werden von den Schülerinnen und Schülern Concept Maps erstellt. Hierzu werden vorab im Schülerlabor Expertengruppen gebildet. Die jeweiligen „Expertinnen und Experten" beschäftigen sich im besonderen Maße mit einer zugewiesenen Experimentierstation und sammeln die wichtigsten Fakten zur jeweiligen Station. Zudem werden alltagsrelevante Aspekte gesondert hervorgehoben. Im Klassenverbund werden die Arbeiten jeweils präsentiert und zur Diskussion gestellt.

Forschungsfragen und Hypothesen
Vor dem Hintergrund der Untersuchung geschlechtlicher Effekte in einem bilingualen chemischen Schülerlaborsetting verfolgt die vorliegende Studie Forschungsfragen sowohl zu affektiven als auch kognitiven Aspekten zum Einfluss des Einsatzes der Fremdsprache Englisch. Bezogen auf das Fachwissen stellte sich die Frage, welche Auswirkung eine bilinguale Ausrichtung des Schülerlaborprogrammes auf den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie gegenüber einem muttersprachlichen Schülerlaborbesuch hat (Forschungsfrage 1). Zudem sollte untersucht werden, welche Effekte das Treatment auf das Fähigkeitsselbstkonzept teilnehmender Schülerinnen und Schüler hat (Forschungsfrage 2).

Konzeption und Validierung des Messinstruments
Für die Fragebogenerhebung wurden, neben den in der Schülerlaborforschung bereits etablierten kognitiven und affektiven Konstrukten, zusätzliche Variablen erhoben, die den Einfluss der Sprache auf die Lernwirksamkeit im Fach Chemie untersuchen. Die Befragungen erfolgten zu vier Testzeitpunkten. Die erste Erhebung fand eine Woche vor dem Schülerlabortag in der Schule statt, unmittelbar vor dem Treatment und kurz danach folgte die zweite und dritte Fragebogenerhebung. Das Follow-Up wurde acht bis zehn Wochen später in der Schule durchgeführt. Insgesamt belief sich die Stichprobe auf 237 Teilnehmende im monolingualen Treatment und 253 Teilnehmende im bilingualen Schülerlaborprogramm (siehe *Abb. 2*.)

Skala	*N* Items	Bsp. Item	Cron-bachs α T0	Cron-bachs α T1	Cron-bachs α T2	Cron-bachs α T3
Fähigkeits-selbstkonzept **Chemie ***	**4**	*„Ich finde es wichtig, mich mit Fragestellungen aus der Chemie auseinanderzusetzen."*	.81	.77	.80	.82
Fähigkeits-selbstkonzept **Englisch ****	**3**	*„Ich bin in Englisch gut."*	.92	.93	.93	.96

*Abb. 2: Errechnete Reliabilitäten beispielhafter Skalen (übernommen aus *(Engeln, 2004) und **(Abendroth-Timmer, 2004))*

Erste Ergebnisse
Bezogen auf das Fachwissen ergab eine erste Auswertung einen Wissenszuwachs sowohl für die bilinguale als auch für die muttersprachliche Gruppe über alle vier Testzeitpunkte hinweg. Zusätzlich zeigte die Kohorte mit Vorbereitung für beide Treatments zunächst einen signifikant höheren Fachwissenserwerb, der sich jedoch im Follow-Up, trotz Nachbereitung, an die Leistungen der unvorbereiteten Gruppe anglich. Es ließen sich keine geschlechterbezogenen Effekte auf das Lernwachstum nachweisen. Untersuchungen zum Fähigkeitsselbstkonzept deuteten vorab auf ein signifikant niedrigeres Fähigkeitsselbstkonzept der Schülerinnen im Fach Chemie verglichen zu ihren Mitschülern. Nach dem Treatment nahm das Selbstkonzept der Mädchen sowohl für die monolinguale als auch für die bilinguale Gruppe zu. Damit nivelliert sich der Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern. Bezogen auf die damit verbundene Forschungsfrage muss die Hypothese allerdings verworfen werden. Das bilinguale Schülerlaborprogramm führte nicht ausschließlich zu einem Anstieg im Fähigkeitsselbstkonzept der Mädchen im Fach Chemie.

Literatur

Abed, A. and Dori, Y. J., eds. (2007). *Fostering question posing and inquiry skills of high school Israeli Arab students in a bilingual chemistry learning environment*

Abendroth-Timmer, D. (2004). Evaluation bilingualer Module aus Schülerperspektive: zur Lernbewusstheit und ihrer motivationalen Wirkung, *Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht* 9, (2), 27.

Aristov, N. (2013). Was ist bekannt über den bilingualen Unterricht in den Naturwissenschaften (Chemie)?, *CHEMKON* 20, (4), 169–174

Buse, M. (2017). *Bilinguale englische experimentelle Lehr-Lernarrangements im Fach Biologie - Konzeption, Durchführung und Evaluation der kognitiven und affektiven Wirksamkeit*, Dissertation, Wuppertal, Universitätsbibliothek Wuppertal

Duske, P. (2017). *Bilingualer Unterricht im Fokus der Biologiedidaktik: Auswirkungen von Unterrichtssprache und -kontext auf Motivation und Wissenserwerb*, Wiesbaden, Springer VS.

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors*, Dissertation

Haagen-Schützenhöfer, C., Mathelitsch, L. and Hopf, M. (2011). Fremdsprachiger Physikunterricht: Fremdsprachlicher Mehrwert auf Kosten fachlicher Leistungen?, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17.

Hallet, W. (2008). Zwischen Sprachen und Kulturen vermitteln: Interlinguale Kommunikation als Aufgabe, *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch* 93, 2–7

Kemper, A.-K. and Becker, H.-J. (2016). Bilingualer Physik-/Chemieunterricht in der Fremdsprache Deutsch - Erkenntnisse aus einer Fallstudie in Frankreich, *CHEMKON* 23, (2), 87–89

Marsh, H. W. (1986). Verbal and math self-concepts: An internal/external frame of reference model, *American Educational Research Journal* 23, (1), 129–149

Mierwald, M., Lehmann, T. and Brauch, N. (2018). Zur Veränderung epistemologischer Überzeugungen im Schülerlabor: Authentizität von Lernmaterial als Chance der Entwicklung einer wissenschaftlich angemessenen Überzeugungshaltung im Fach Geschichte?, *Unterrichtswissenschaft*.

Pinner, R. (2013). Authenticity of Purpose: CLIL as a way to bring meaning and motivation into EFL contexts, *Asian EFL Journal* 15.

Insa Stamer[1] [1]IPN Kiel
Stefan Schwarzer[2] [2]LMU München
Ilka Parchmann[1]

Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften

Theoretischer Hintergrund

Die Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften durch Einblicke in naturwissenschaftliche Berufe sowie in die aktuelle Forschung ist eines der grundlegenden Ziele von Schülerlaboren (Haupt et al., 2013). Nach Braund & Reiss (2006) soll hierdurch das Interesse an, eine positive Einstellung gegenüber und das Engagement in naturwissenschaftliche Tätigkeiten gefördert werden. Dies ist vor allem für die Berufs- und Studienfachwahl junger Menschen von Bedeutung (Glowinski & Bayrhuber, 2011), weshalb ein solcher Einblick in die Naturwissenschaften bereits seit 2012 das Hauptziel des Schülerlaborprogramms *klick!* der Kieler Forschungswerkstatt ist.

Lernumgebung

Im *klick!*:labor erhalten Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II die Möglichkeit, selbsttätig Versuche zu den Themengebieten Nanotechnologie und chemische Schalter durchzuführen, welche in Zusammenarbeit mit Forschenden des Sonderforschungsbereichs (SFB) 677 „Funktion durch Schalten“ entwickelt wurden (Schwarzer, Rudnik & Parchmann, 2013).
Die auf diese Weise entwickelten Experimentierstationen werden von den Schülerinnen und Schülern in Dreier- bis Vierergruppen besucht, wobei jede Station von einer Expertin / einem Experten, meist studentische Hilfskräfte mit naturwissenschaftlichem Hintergrund, begleitet wird.

Abb. 1: Schülerinnen und Schüler an den Experimentierstationen im klick!:labor.

Bis 2015 wurde die Authentizität im *klick!* unter anderem durch forschungsnahe Versuche, moderne Geräte wie einem Rasterkraftmikroskop zur Vermessung nanostrukturierter Oberflächen und Verfahren aus der Forschung gefördert. Die Evaluation des *klick!*:labors zeigte, dass die erwartete Authentizität hoch eingeschätzt wurde (Schmidt et al., 2011). Diese wurde in den Bewertungen jedoch nicht erfüllt und fiel im Post-Test geringer aus (Schwarzer & Parchmann, 2015). Darauf basierend sollte die Wahrnehmung von Authentizität der Schülerinnen und Schüler durch den Kontakt zu Forschenden weiter gefördert werden (Pea, 1994).

Methode

Da der regelmäßige Kontakt zu Forschenden allerdings aus zeitlich limitierten Gründen seitens der Forschenden nicht umgesetzt werden konnte, wurde entschieden, Videos aus der Forschung als Einblicke in den Arbeitsalltag von Forschenden zu entwickeln. Diese wurden wie zuvor die Versuche des *klick!*:labors in Zusammenarbeit mit den Forschenden des SFB 677 entwickelt und als Einstieg in die Stationen des *klick!*:labors eingebettet. Zur Darstellung eines möglichst vollständigen Bildes der wissenschaftlichen Forschung wurden typische Tätigkeiten von Forschenden aus Interviewstudien gesammelt (Laherto et al., 2018), in die RIASEC+N Dimensionen (Tab. 1, Holland, 1963; Wentorf et al., 2015) kategorisiert und anschließend explizit in die Videos integriert (Stamer et al., 2019).

Dimension	Akronym	Art der Tätigkeit	Beispieltätigkeit von Forschenden
Realistic	R	Handwerklich	Messungen durchführen
Investigative	I	Intellektuell	Interpretation von Ergebnissen aus Experimenten
Artistic	A	Kreativ	Entwicklung neuer Forschungsideen
Social	S	Sozial	Betreuung von Studierenden
Enterprising	E	Unternehmerisch	Sicherstellen der Finanzierung eines Prokejtes
Conventional	C	Administrativ, akribisch	Wiederholung von Messungen zur Kontrolle
Networking	N	Zusammen-arbeitend	Austausch mit Forschenden anderer Universitäten

Tab. 1: Beschreibung der RIASEC+N Dimensionen mit Beispieltätigkeiten.

Zur Messung der Effekte der Videos wurde basierend auf den in die RIASEC+N kategorisierten Tätigkeiten ein Fragebogen entwickelt, welcher im Kontrollgruppen-Design vor und nach dem Schülerlaborbesuch eingesetzt wurde. Im Rahmen der Studie wurden 236 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II (Gemeinschaftsschulen und Gymnasien) befragt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Dimensionen *Realistic* und *Conventional*, welche überwiegend typische Labortätigkeiten, wie das Durchführen von Messungen, enthalten, sowohl vor als auch nach dem Besuch von beiden Gruppen hoch eingeschätzt wurden. Die Dimensionen *Networking*, *Enterprising*, *Artistic* und *Social,* welche überwiegend nicht-stereotypische Tätigkeiten beinhalten, wurden dagegen vor dem Besuch im Schülerlabor niedrig eingeschätzt. Nach dem Besuch konnten die Dimensionen *Enterprising*, *Artistic* und *Networking* bei der Interventionsgruppe (n = 119 Schülerinnen und Schüler), welche die Videos zu sehen bekam, im Vergleich zur Kontrollgruppe (n = 117 Schülerinnen und Schüler) signifikant gesteigert werden. Bei der Kontrollgruppe wurden die Tätigkeiten der Dimensionen *Enterprising*, *Artistic* und *Networking* dagegen signifikant geringer eingeschätzt als im Prä-Test.

Zusätzlich zu den Tätigkeiten, welche in die Videos integriert wurden, wurde die erwartete und wahrgenommene Authentizität der Schülerinnen und Schüler vor und nach dem Schülerlaborbesuch erhoben. Sowohl die Erwartungen der Kontrollgruppe als auch der Interventionsgruppe konnten im Post-Test mit Effektstärken von d = 0.87 beziehungsweise d = 1.08 signifikant gesteigert werden. Ergänzend zeigt der Vergleich der Post-Tests beider Gruppen einen signifikant höheren Mittelwert (d = 0.47) für die Interventionsgruppe, welche zusätzlich zu den durchgeführten Experimenten die Videos zu sehen bekamen.

Anhand der Ergebnisse kann somit zum einen festgestellt werden, dass durch die Videoeinblicke in den Arbeitsalltag von Forschenden typische naturwissenschaftliche Tätigkeitsaspekte vermittelt und zum anderen die wahrgenommene Authentizität gefördert werden konnte.

Ausblick

Aufbauend auf diese Studie und den Ergebnissen sollen in einer bereits gestarteten Folgestudie die Experimente mit den integrierten Videos überarbeitet und anschließend in Schulen Schleswig-Holsteins durchgeführt werden. Ziel dieser Studie ist die Untersuchung beider Lernorte Schule und Schülerlabor im Hinblick auf die authentische Vermittlung der naturwissenschaftlichen Forschung.

Die Autoren danken der DFG und der Deutschen Telekom Stiftung für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Teilprojekts Öffentlichkeitsarbeit im SFB 677 beziehungsweise des Junior Fellowships Fachdidaktik MINT.

Literatur

Braund, M., and Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The Contribution of Out-of-School Learning. *International Journal of Science Education* 28 (12), 1373-1388. http://dx.doi.org/10.1080/09500690500498419

Glowinski, I., and Bayrhuber, H. (2011). Student labs on a university campus as a type of out-of-school learning environment: Assessing the potential to promote students' interest in science. *International Journal of Environmental & Science Education* 6 (4), 371-392.

Holland, J. L. (1963). Explorations of a theory of vocational choice and achievement: II. A four-year prediction study. *Psychological Reports* 12, 547-594.

Laherto, A., Tirre, F., Kampschulte, L., Parchmann, I., and Schwarzer, S. (2018). Scientists‘ perceptions on the Nature of Nanoscience and its public communication. *Problems of Education in the 21.st Century* 76, (1), 2538-7111.

Pea, R. D. (1994). Seeing what we build together: distributed multimedia learning environments for transformative communications. *Journal of the Learning Sciences* 3 (3), 285–299.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernorte - Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *Mathematisch Naturwissenschaftlicher Unterricht*,64 (6), 362-369.

Schwarzer, S., Rudnik, J. & Parchmann, I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter - Fachdidaktische Begleitung eines Sonderforschungsbereichs. *CHEMKON*, 20 (4), 175-181.

Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2015). Erwartungen von Schülern und Wissenschaftlern an Schülerlaborbesuche. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 232-234). Kiel: IPN.

Stamer, I., Pönicke, H., Laherto, A., Tirre, F., Höffler, T. N., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2019). Development & validation of scientific video vignettes to promote perception of authentic science in student laboratories. *Research in Science & Technological Education* 1470-1138. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1600491

Wentorf, W., Höffler, T. N., and Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21, 207-222.

Hanne Rautenstrauch Europa-Universität Flensburg
Maike Busker

Experimentieren im Naturwissenschafts- und Chemieunterricht

Im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht werden die Fachgrenzen zwischen den Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik aufgelöst und naturwissenschaftliche Inhalte fächervernetzend unterrichtet. Dadurch können beispielsweise sinnstiftende Alltagskontexte aus der Perspektive der verschiedenen Fachdisziplinen heraus betrachtet und unterrichtet werden. Dies ist ein Grund dafür, dass dem Naturwissenschaftsunterricht das Potential zugesprochen wird, eine naturwissenschaftliche Grundbildung vermitteln zu können (Bröll, Friedrich, 2012). Des Weiteren wird es als Vorteil des Naturwissenschaftsunterrichts angesehen, dass dieser in der Regel bereits in Klassenstufe 5 beginnt und die Schülerinnen und Schüler frühzeitig mit chemischen und physikalischen Fachinhalten in Berührung kommen und an den Sachunterricht der Grundschule angeknüpft werden kann. Der bis dahin zu späte und zu einem entwicklungspsychologisch ungünstigen Zeitpunkt stattfindende Beginn des Physik- und Chemieunterrichts wird mit als Grund für die Unbeliebtheit und der Ressentiments gegen diese Fächer angesehen (Geörg et al., 2004). Einschränkend muss jedoch beachtet werden, dass trotz des früheren Kontaktes zu chemischen und physikalischen Phänomenen in Klassenstufe 5/6 nur ca. 9% der Inhalte chemischen Fachinhalten entsprechen und biologische Themen dominieren (Lück, Brüggemeyer, 2017).
Ein integrierter Naturwissenschaftsunterricht wurde in vielen Bundesländern und so auch an den Gemeinschaftsschulen in Schleswig-Holstein eingeführt. Die Gemeinschaftsschulen wurden für ein längeres gemeinsames Lernen eingerichtet und an ihnen können alle Schulabschlüsse (ESA, MSA, Abitur) abgelegt werden, wobei jedoch nicht allen Gemeinschaftsschulen eine gymnasiale Oberstufe angegliedert ist. In Schleswig-Holstein ist an Gemeinschaftsschulen seit dem Schuljahr 2013/2014 von Klassenstufe 5-7 verpflichtend das Fach Naturwissenschaften zu unterrichten (MBWSH, 2013). Ab der Klassenstufe 8 dürfen die Schulen den Unterricht in die Fachdisziplinen aufspalten; es gelten jedoch trotzdem die Fachanforderungen Naturwissenschaften. Darüber hinaus gibt es auch Gemeinschaftsschulen, die Naturwissenschaften in Klassenstufe 5-10 unterrichten. Die Entscheidung, ob ab Klassenstufe 8 wieder getrennt oder weiterhin integriert unterrichtet wird, obliegt den Schulen (ebd.). Die Lehrkräfte werden allerdings weiterhin in den Einzeldisziplinen ausgebildet und unterrichten in der Regel ein bis zwei Fachdisziplinen im Rahmen des Naturwissenschaftsunterrichts fachfremd. An den Gymnasien wird hingegen weiterhin nach Fachdisziplinen getrennt unterrichtet. An den beiden unterschiedlichen Schularten im Land Schleswig-Holstein kann also jeweils derselbe (gymnasiale) Bildungsabschluss abgelegt werden; es herrschen jedoch im Bereich der Naturwissenschaften unterschiedliche Bedingungen vor, wodurch sich interessante Forschungschancen ergeben. So stellt sich die Frage, inwieweit sich die verschiedenen Bedingungen hinsichtlich der Schulform, der Unterrichtsart und damit einhergehend dem verstärkten fachfremden Unterrichten im Fach Naturwissenschaften auf affektive Faktoren bei Schülerinnen und Schülern auswirken.
In Bereich des fachfremden Unterrichtens sowie dessen Auswirkungen auf Schülerseite gibt es bisher jedoch nur wenige Untersuchungen. Eine Lehrerbefragung ergab vor allem in höheren Klassenstufen sowie bei Lehrkräften, welche in nur einem der naturwissenschaftlichen Fächer ausgebildet wurden, nun aber Naturwissenschaften unterrichten müssen, Defizite „hinsichtlich Fachlichkeit, experimenteller Erschließung und didaktisch-methodischer Kompetenz“ (Bröll & Friedrich, 2012, S. 180). Des Weiteren wird das fachbezogene Studium der Lehrkraft tendenziell als Prädiktor für die Testleistung der

Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie identifiziert (Lagler & Wilhelm, 2013). Fachfremdes Unterrichten chemischer Inhalte durch Biologielehrkräfte in der Klassenstufe 7-9 führt bei Lernenden zu einem signifikant geringeren Fähigkeitskonzept im Hinblick auf das Fach Chemie (ebd.).
In einer ersten Schülerbefragung, die im Jahr 2018 im Land Schleswig-Holstein durchgeführt wurde, zeigte sich, dass Lernende mit Fachunterricht Chemie selbstwirksamer bezüglich chemischer Fachinhalte sind als Lernende mit Naturwissenschaftsunterricht. Darüber hinaus konnten interessante Befunde im Bereich des Experimentierens festgestellt werden. Schülerinnen und Schüler mit Naturwissenschaftsunterricht an den Gemeinschaftsschulen weisen ein signifikant geringeres Interesse an chemischen Tätigkeiten auf als Schülerinnen und Schüler mit Chemieunterricht. Zudem sinkt tendenziell das Interesse an chemischen Tätigkeiten, je länger das Fach Naturwissenschaften belegt wird (Rautenstrauch, Heidenreich, Busker, 2019). Um das Experimentieren im Chemie- bzw. Naturwissenschaftsunterricht weiter zu untersuchen, wurde eine weitere Studie durchgeführt, die im Folgenden erläutert wird.

Forschungsfrage
In der Folgestudie wird der Frage nachgegangen, wie selbstwirksam Schülerinnen und Schülern mit Naturwissenschafts- bzw. Chemieunterricht und an Gymnasien bzw. Gemeinschaftsschulen im Bereich des Experimentierens sind. Darüber hinaus wird der Einsatz von Schüler- und Lehrerexperimenten im Unterricht betrachtet.

Methode
Es wurde eine Fragebogenerhebung an 28 schleswig-holsteinischen Gemeinschaftsschulen und Gymnasien mit insgesamt 1273 Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 9 (an G8-Gymnasien) und 10 (an Gemeinschaftsschulen) durchgeführt. Die experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen und der Einsatz von Schüler- bzw. Lehrerexperimenten wurden mit Hilfe einer 5-stufigen Likert-Skala erfragt. Die Items zu den experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen wurden auf Grundlage der Kompetenzen entwickelt, die laut Bildungsstandards (KMK, 2004) im Bereich der Erkenntnisgewinnung erlernt werden sollen. Zusätzlich wurden in dem Fragebogen das Interesse an chemischen Inhalten, Tätigkeiten und Kontexten (Gräber, 1992), die fachinhaltsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen (Rautenstrauch, Heidenreich, Busker, 2019) und das Interesse an und die Vorbereitung auf chemiebezogene Berufe ebenfalls mit 5-stufigen Likert-Skalen erfasst. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im weiteren Verlauf jedoch nicht thematisiert.
Des Weiteren sind Angaben zu biographischen Daten und Informationen zur schulischen Laufbahn (z.B. letzte Chemienote, angestrebtes Oberstufenprofil etc.) Teil des Fragebogens.

Ausgewählte Ergebnisse
Zur besseren Vergleichbarkeit wurden in die Analysen nur die Datensätze von Schülerinnen und Schülern einbezogen, die an den unterschiedlichen Schularten jeweils denselben (gymnasialen) Bildungsgang belegen. Im Bereich der experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen konnten zwei Skalen identifiziert werden (Tabelle 1). Eine Skala zum aktiven Experimentieren und Protokollieren (4 Items, α=.844) und eine Skala zum theoretischen Auswerten und Planen von Experimenten (7 Items, α=.888).
Insgesamt sind die experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen eher hoch ausgeprägt. In den handlungsbezogenen Tätigkeiten, dem aktiven Experimentieren und Protokollieren (M=4.39, SD=.749, N=1032), schätzen sich die Schülerinnen und Schüler besser ein als in den theoretischen Überlegungen und dem Planen von Experimenten (M=3.70, SD=.817, N=1015).

Tabelle 1: Skalen der experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen und Beispielitems

Skala	**Beispielitem**
Aktives Experimentieren und Protokollieren (E_{aktiv})	Ich traue mir zu, beim Experimentieren Sicherheitsaspekte zu beachten.
Theoretisches Auswerten und Planen ($E_{Theorie}$)	Ich traue mir zu, das Ergebnis eines Experiments zu erklären.

Es kann ein signifikanter Unterschied in beiden Skalen zwischen Lernenden mit Chemie- bzw. Naturwissenschaftsunterricht festgestellt werden. Sowohl in der Skala E_{aktiv} (p=.001, d=.211) als auch in der Skala $E_{Theorie}$ (p=.014, d=.153) besitzen diejenigen Schülerinnen und Schüler, welche in Chemie als Einzeldisziplin unterrichtet wurden (M_{Eaktiv}Chemie=4.47, N=468, M_{Eaktiv}Nawi=4.32, N=564; $M_{ETheorie}$Chemie=3.77, N=465, $M_{ETheorie}$Nawi=3.65, N=550), eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung. Da die besuchte Schulart einen Einfluss auf dieses Ergebnis haben kann, wurden Schülerinnen und Schülern der Gemeinschaftsschule und des Gymnasiums ebenfalls miteinander verglichen und es zeigt sich, dass die dargestellten Unterschiede vermutlich eher auf die Schulart zurückzuführen sind als auf die Unterrichtsart. Die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten sind in beiden untersuchten Skalen signifikant selbstwirksamer als Schülerinnen und Schüler der Gemeinschaftsschule (M_{Eaktiv}GemS=4.23, N=371, M_{Eaktiv}Gym=4.48, N=658, p=.000, d=.316; $M_{ETheorie}$GemS=3.56, N=365, $M_{ETheorie}$Gym=3.78, N=647, p=.000, d=.261).
Die Lernenden wurden zusätzlich nach dem Einsatz von Schüler- bzw. Lehrerexperimenten in ihrem Unterricht befragt. Es zeigt sich, dass der Großteil der Schülerinnen und Schüler in ihrem Naturwissenschafts- bzw. Chemieunterricht experimentieren darf (M=4.43, SD=.83, N=1042) und Lehrerexperimente weniger oft zum Einsatz kommen (M=3.37, SD=1.13, N=1042). Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass Lernende mit Naturwissenschaftsunterricht (M_{Nawi}=4.38, N=569) signifikant weniger in Schülerexperimenten arbeiten dürfen als Lernende im Chemieunterricht (M_{Chemie}=4.48, N=473, p=.044, d=126). Bei den Lehrerexperimenten zeigt sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Unterrichtsart (p=.877), wohingegen aber ein Unterschied zwischen den Schularten deutlich wird (p=.034, d=.138). An Gemeinschaftsschulen scheint der Einsatz von Lehrerexperimenten häufiger gegeben zu sein (M_{GemS}=3.83, N=373) als an Gymnasien (M_{Gym}=3.68, N=666), wodurch eventuell auch der festgestellte Unterschied in den experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler begründet liegt. So zeigen sich erwartungsgemäß positive Zusammenhänge zwischen den experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen und dem Einsatz von Schülerexperimenten (r_{Eaktiv}=.228, p=.000, N=1027, $r_{ETheorie}$=.199, p=.000, N=1010), wohingegen kein bzw. nur ein sehr geringer Zusammenhang zum Einsatz von Lehrerexperimenten besteht (r_{Eaktiv}=.049, p=.115, N=1027, $r_{ETheorie}$=.088, p=.005, N=1010).

Zusammenfassung und Ausblick

Die experimentellen Selbstwirksamkeitserwartungen sind recht hoch ausgeprägt, bei Schülerinnen und Schülern mit Chemieunterricht/am Gymnasium höher als bei Schülerinnen und Schülern mit Naturwissenschaftsunterricht/an Gemeinschaftsschulen. Es stellt sich die Frage, ob dies darauf zurückzuführen ist, dass an Gemeinschaftsschulen mehr Lehrerexperimente eingesetzt werden. Welche Einflussfaktoren hierfür ursächlich sind (z.B. heterogenere Schülerschaft, höherer Anteil an fachfremd erteilten Unterricht) stellt einen interessanten Ausgangspunkt für weitere Forschungsprojekte dar.

Literatur

Bröll, L. & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht. eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. In MNU 65 (3), 180–186

Geörg, J.; Haas, T. & Zink, W. (2004). Real Schule. Naturwissenschaftliches Arbeiten. Fundamental. Phänomenal. NWA in der Praxis. Braunschweig: Schrödel

Gräber, W. (1992). Interesse am Unterrichtsfach Chemie, an Inhalten und Tätigkeiten. In Chemie in der Schule 39 (10), 354-358

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf, zuletzt geprüft am 05.08.2018

Lagler, E. & Wilhelm, M. (2013). Zusammenhang von Schülerleistung und Fachausbildung der lehrkräfte in den Naturwissenschaften - eine Pilotstudie zur Situation in der Schweiz. In chimica didacticae et ceterae rerum naturae 38 (105), 47–70

Lück, G. & Brüggemeyer, M. (2017). Bildung in Chemie schon früh stärken. In Nachr. Chem. 65/9, 958-959.

Ministerium für Bildung und Wissenschaft des Landes Schleswig-Holstein (MBWSH) (2013). Lehrplan Naturwissenschaften. Bekanntmachung des Ministeriums für Bildung und Wissenschaft vom 28. Januar 2013 – III 215, III 322. In Nachrichtenblatt des Ministeriums für Bildung und Wissenschaft des Landes Schleswig-Holstein (2), 32.

Rautenstrauch, H., Heidenreich, D. & Busker, M. (2019). Nawi-Unterricht und Fachunterricht Chemie im Vergleich. In Maurer, C. (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg, 153-156.

Nina Skorsetz[1] [1]Universität Frankfurt am Main
Manuela Welzel-Breuer[2] [2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Empathisierer und Systematisierer und ihre Motivation in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen im Elementarbereich

Die Empathisierer-Systematisierer-Theorie und ihr Nutzen für die Naturwissenschafts-didaktik

Ab 1999 entwickelte der britische Psychologe Simon Baron-Cohen seine so genannte Empathisierer-Systematisierer-Theorie (E-S-Theorie) auf der Suche nach einer Erklärung für die Entstehung von Autismus. Die Theorie geht davon aus, dass Kinder, die pränatal einem erhöhten Testosteronspiegel ausgesetzt waren, dazu neigen, sich eher für Systeme und Strukturen zu interessieren als für Menschen und deren Gefühle. Baron-Cohen (2009) folgerte daraus, dass das Gehirn jedes Menschen zwei Dimensionen zuzuordnen sei: dem Empathisieren als Drang, Emotionen zu erkennen, um darauf zu reagieren, und dem Systematisieren als Drang, Systeme zu verstehen, um Vorgänge vorauszusagen.
Baron-Cohens Arbeitsgruppe stellte weiterhin fest, dass die Anteile an den Dimensionen, die ein einzelner Mensch hat, besser vorhersagt, ob er sich für ein naturwissenschaftliches oder geisteswissenschaftliches Studium entscheidet als das Geschlecht ($W=23.29$, $df = 3$, $p<0.001$, $N=415$) (vgl. Billington et al., 2007). Weitere empirische Ergebnisse aus dem Bereich der Fachdidaktik der Naturwissenschaften zeigten, dass sich jugendliche Systematisierer eher für ein naturwissenschaftliches Studium entscheiden als jene mit einem hohen Empathisierer-Anteil (vgl. Zeyer et al. 2012). Zeyer und Kollegen (ebd.) distanzieren sich dabei von der Frage nach den neurologischen Ursachen, folgerten aus ihren Ergebnissen, dass Empathisierer andere Zugänge zu naturwissenschaftlichem Lernen brauchen. Für den Elementarbereich lagen bisher zum Zusammenhang zwischen der E-S-Theorie und der Motivation für Naturwissenschaften noch keine Ergebnisse vor, obwohl die Dimensionen als angeboren beschrieben werden (Baron-Cohen, 2009).

Die vorliegende Studie: Forschungsfragen und Methode

Die hier vorgestellte Studie machte es sich zur Aufgabe herauszufinden, ob die Verteilung der Dimensionen sich auch schon bei Kindern im Elementarbereich auf die Motivation auswirkt, sich mit naturwissenschaftlichen Zusammenhängen zu beschäftigen (Glynn & Koballa, 2006). Im Elementarbereich stehen für die Kinder im Gegensatz zu den oben berichteten Studien zum Jugendalter keine Entscheidungen zwischen natur- und geisteswissenschaftlichen Fächern an, so dass hier auf die Motivation geschaut werden sollte, mit der sich Kinder mit Naturphänomenen beschäftigen. Dabei sollten zwei unterschiedlich didaktisch-methodisch gestaltete Lernumgebungen zu einem Naturphänomen durchgeführt werden. Nach Sichtung der in der Theorie für den Elementarbereich vorliegenden Ansätze zur Gestaltung von naturwissenschaftliche Lernumgebungen (vgl. Lück 2012; Schäfer 2009) ergab sich, dass sich die vorgeschlagenen Gestaltungen von naturwissenschaftlichen Lernumgebungen vor allem im Grad der Strukturierung als Oberflächenmerkmal (Steffensky, 2017) unterscheiden.
Folgende Hauptforschungsfrage wurde aus den vorhergehenden Überlegungen heraus formuliert:
Inwiefern zeigt sich in unterschiedlich strukturierten Lernumgebungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung ein Zusammenhang zwischen Aktivitäten, die darauf hinweisen, dass Vorschulkinder motiviert sind, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen und den ermittelten EQ- und SQ-Werten dieser Kinder?
Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde folgendes Vorgehen umgesetzt.

Zuerst wurden die Eltern von 112 Kindern mithilfe des übersetzten und erneut validierten EQ-SQ-Child-Fragebogens (Cronbachs α=.79) befragt und für jedes Kind die individuellen EQ- und SQ-Werte ermittelt (Auyeung et al., 2009).
Im zweiten Schritt wurden mit 99 der getesteten Kinder in zwei Kohorten naturwissenschaftliche Lernumgebungen durchgeführt und die Kinder wurden bei der Teilnahme in Kleingruppen videographiert. Die Lernumgebungen waren zuvor mithilfe des Design-Based-Research-Ansatzes (Collective, 2003) theoriegeleitet entwickelt worden. Es wurde das Naturphänomen der Saugfähigkeit verschiedener Materialien gewählt. Zum einen fiel die Wahl darauf, weil dies den Kindern im Alltag immer wieder begegnet, wenn Flüssigkeiten beim Essen oder ähnlichen Situationen vergossen und dann aufgewischt werden müssen. Zum anderen liegen zu diesem Phänomen konkrete Experimentieranleitungen in der Praxisliteratur vor (z. B. Lück, 2007). Die erste eher strukturiert angeleitete Lernumgebung wurde nach dem Ansatz von Lück (2012) gestaltet, die davon ausgeht, dass das Kind mit anderen neues Wissen ko-konstruiert, z. B. in einem durch eine Anleitung strukturierten Experiment mit anschließender Deutung. Weitere Merkmale, die diese Lernumgebung auszeichnen, sind: Vorbereitete Materialien sowie ein gemeinsam besprochener und von der pädagogischen Fachkraft angeleiteter Ablauf. Auch die Problemstellung wird hierdurch die Fachkraft formuliert. Es gibt keine Rahmengeschichte. Watte, Alufolie und Superabsorberkristalle (aus einer Babywindel) werden gemeinsam auf ihre Saugfähigkeit hin verglichen. Durch eine gemeinsame mündliche Deutungsphase nach dem Experiment soll der Wissenszuwachs ermöglicht werden.
Die zweite Lernumgebung wurde eher explorierend-narrativ nach dem Ansatz von Schäfer angelegt. Wichtig für ihn sind, dass das Kind spielerisch ganzheitliche (Natur-) Erfahrungen gemeinsam mit anderen in einem kommunikativen Setting macht und die Möglichkeit der sozialen Identifizierung erhält, z. B. in Form einer Rahmengeschichte und einem fantasievollen Zugang (Schäfer 2009). In dieser Lernumgebung liegen vorbereitete Materialien zum freien Explorieren aus. Die Problemstellung wird durch eine Identifikationsfigur (hier Handpuppe) formuliert, die auch die Rahmengeschichte erzählt. Neben Watte, Alufolie und Superabsorberkristallen (Babywindel) werden zusätzlich Küchenkrepp, Baumwoll- und Fleecesocken sowie Spüllappen bereitgestellt und können auf ihre Saugfähigkeit hin ausprobiert werden.
Da hypothesenprüfend vorgegangen werden sollte, wurde formuliert, dass davon ausgegangen wird, dass ein hoher SQ-Wert dazu führt, dass diese Kinder unabhängig von der Gestaltung der Lernumgebung motiviert sind. Bei den Kindern mit hohem EQ-Wert wurde davon ausgegangen, dass sie eher in der zweiten explorierend-narrativen Lernumgebung motiviert sind, da die Identifikation mit einem hilfesuchenden Gegenüber sogenannte Empathisierer-Kinder anregen sollte (Baron-Cohen, 2009).
Drittens erfolgte die Auswertung der Videodaten. Um die Aktivitäten der Kinder, die auf Motivation hindeuten zu beobachten, wurde - angelehnt an Artelt (2005) - die so genannte „time on task“ erfasst. Dies geschah in Form der Protokollierung der Dauer der eingenommen Blickperspektiven (vgl. dazu Skorsetz, 2019) sowie der Frequenz des Wechsels über die gesamte Zeit der Teilnahme an der Lernumgebung (29 einzelne Settings=10 h Videoaufnahmen) mithilfe des Programmes Videograph. Ebenso wurde die Häufigkeit der Kontakte mit dem Experimentiermaterial erfasst und zwar in den Phasen im Ablauf der Lernumgebung, in denen den Kindern haptische Berührungen damit möglich waren. Dabei wurden drei Blickrichtungen als Ablenkung von der Fokussierung auf das Naturphänomen definiert: Blick …

- zum Beobachter/in die Kamera
- im Raum umher
- auf Material, das gerade nicht zum Experimentieren genutzt wird

Abschließend wurden die Fragebogenergebnisse, also die EQ- und SQ-Werte der Kinder, mit den Daten der Videoanalyse korreliert (Spearman, einseitig), um mögliche Zusammenhänge zu identifizieren.
Einschränkend muss erwähnt werden, dass soziale Einflüsse, die möglicherweise durch das Ausfüllen des Fragebogens durch die Eltern entstanden, in der Studie nicht ausgeschlossen werden konnten. Darüber hinaus konnten auch nur einzelne Aspekte von kurzfristiger Motivation erfasst werden, da nur punktuelle Videodaten von den Kindern vorlagen und keinerlei Informationen zu Vorwissen etc.

Ergebnisse und Diskussion
In der befragten Population (N=112) haben Mädchen, wie auch bei Auyeung und Kollegen (2009) beschrieben, höhere EQ-Werte ♀ 34.02 (SD 8.63) und 30.35 ♂ (SD 8.04). Bei den SQ-Werten: 22.43 ♀ (SD 6.87) und 24.50 ♂ (SD 7.78) zeigt sich die in der Literatur beschriebene Tendenz zugunsten der Jungen nicht.
In den Korrelationsberechnungen zeigten sich mittelstarke Zusammenhänge. Kinder mit höherem SQ-Wert blickten in beiden Lernumgebungen signifikant kürzer auf ungenutztes Material und waren insgesamt weniger abgelenkt ($N=99$, $r=-.31^*$, $p < .05$). Für Kinder mit hohem SQ-Wert scheint hypothesenkonform die didaktisch-methodische Gestaltung keinen Einfluss auf die Motivation zu haben, sich mit dem Naturphänomen zu beschäftigen.
Im Gegensatz dazu zeigte sich für hohe EQ-Werte nur ein Zusammenhang für den Blick auf das ungenutzte Material in der explorierend-narrativen Lernumgebung ($r=.28^*$, $p < .05$). Dieses Ergebnis wiederspricht den formulierten Hypothesen. Eine Erklärung für diesen Zusammenhang könnte sein, dass die explorierend-narrative Lernumgebung reichhaltiger ist und die Kinder dazu anregt, Dinge aus ihrer Umgebung, wie Handtücher, Körperteile und Kleidungsstücke einzubeziehen, die in der Studie als „ungenutztes Material“ und somit als Ablenkung ausgewertet wurden.
Grundsätzlich wird durch dieses Ergebnis jedoch deutlich, dass unterschiedlich gestaltete Lernumgebungen, abhängig vom EQ-Wert der Kinder, die Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen, unterschiedlich unterstützen könnten. Dies bestätigt die eingangs erwähnte Vermutung von Zeyer und Kollegen (2012) nach anderen Zugängen zu naturwissenschaftlichem Lernen für Empathisierer suchen zu müssen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie reichen jedoch nicht aus, um aufzuklären, welche Gestaltung der Lernumgebung so genannte Empathisierer-Kinder stärker motivieren kann.
Betrachtet man für weitere Hinweise die motivationsbezogenen Aktivitäten alle Kinder ohne Berücksichtigung der EQ- und SQ-Werte, zeigt sich im Vergleich der beiden Lernumgebungen, dass sie in der eher strukturiert-angeleiteten Lernumgebung stärker abgelenkt sind als in der explorierend-narrativen ($t = 2.587$; $p = .011$). Alle Kinder berühren in der Summe mehr Materialien in der eher explorierend-narrativen Lernumgebung ($t = -6{,}576$; $p < .001$) und wechseln in der eher strukturiert-angeleiteten Lernumgebung signifikant häufiger pro Minute die Blickrichtung ($t = 3.953$; $p < .001$). Somit kann angenommen werden, dass in der explorierend-narrativen Lernumgebung alle Kinder fokussierter und damit motivierter sind, sich mit dem Naturphänomen der Saugfähigkeit zu beschäftigen.
Aus diesen Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass für Kinder die Möglichkeit der freien Zeit für Exploration der Materialien sinnvoll sein kann. Um herauszufinden, wie genau Lernumgebungen für die unterschiedlichen Anteile der Dimensionen aussehen könnten, ist weitere Forschung nötig, die aus dem Elementarbereich heraus wichtige Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht bieten könnte.

Literatur

Aikenhead, G. S. (2001). Student's Ease in Crossing Cultural Borders into School Science. In: Science Education (85), 180–188.

Artelt, C. (2005). Cross-Cultural Approaches to Measuring Motivation. Educational Assessment, 10(3), 231–255. https://doi.org/10.1207/s15326977ea1003_5

Auyeung, B., Wheelwright, S., Allison, C., Atkinson, M., Samarawickrema N. & Baron-Cohen, S. (2009). The Children's Empathy Quotient and Systemizing Quotient. Sex Differences in Typical Development and in autism spectrum Conditions. In: Journal of autism and developmental disorder, 39 (11).

The Design Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. In: Educational Researcher, 32 (1), 5–8.

Baron-Cohen, S. (2009). Autism: The Empathizing-Systemizing (E-S) Theory. In: Annals of the New York Academy of Sciences (1156), 68–80.

Billington, J., Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2007). Cognitive Style Predicts Entry into Physical Sciences and Humanities: Questionnaire and Performance Tests of Empathy and Systemizing. Learning and individual differences, 17(3), 260–268.

Glynn, S. M. & Koballa, T. R., JR. (2006). Motivation to Learn in College Science. In J. J. Mintzes & W. H. Leonard (Hrsg.), Handbook of College Science Teaching (S. 25–32). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Lück, G. (2007). Forschen mit Fred. Naturwissenschaften im Kindergarten (Finken Verlag GmbH, Hrsg.). Oberursel.

Lück, G. (2012). Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen (8. Gesamtaufl.). Freiburg im Breisgau: Herder.

Schäfer, G. E. (2009). Prinzipien und didaktische Elemente. Eine Zusammenfassung. In: G. E. Schäfer, M. Alemzadeh, H. Eden & D. Rosenfelder (Hrsg.), Natur als Werkstatt. Weimar: Verl. Das Netz.

Skorsetz, N. (2019). Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 270). Berlin: Logos Verl.

Steffensky, M. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF) (WiFF Expertise, Band 48). München: Deutsches Jugendinstitut e.V.

Zeyer, A., Bölsterli, K., Brovelli, D. & Odermatt, F. (2012). Brain Type or Sex Differences? A structural equation model of the relation between brain type, sex, and motivation to learn science. In: International Journal of Science Education, 34 (5), 779–802.

Ayhan Yılmaz Universität Hacettepe
Sinem Dinçol Özgür

Schülermotivation für Chemieunterricht und Selbstwirksamkeit in Chemie

Affektive Merkmale wie Motivation, Einstellung, Interesse, Selbstwirksamkeit und Angst gehören zu den wichtigen Faktoren beim schulischen Lernen und Lernerfolg (Alsop & Watts, 2000; Bloom, 2012; Lee & Brophy, 1996; Thompson & Mintzes, 2002). Eine der wichtigsten Bestandteile von einer Lernumgebung stellt Motivation dar (Maehr, 1984; Freedman, 1997). Sie wird als ein Prozess bezeichnet, in dem zielgerichtete Aktivitäten gefördert und deren Nachhaltigkeit aufbewahrt wird (Pintrich & Schunk, 2002). Aus der pädagogischen Hinsicht lässt sich die Motivation als derjenige Prozess ausdrücken, der die Lernenden zu lernbezogenen Verhaltensweisen aktiviert und eine Kontinuität aufweist. Einen der bedeutenden Faktoren, welche für die benötigte Motivation zur Entstehung und Entwicklung der Erfolgswahrnehmung von Individuen sorgt, stellt die Selbstwirksamkeit dar. Die Selbstwirksamkeit besagt das Vertrauen von Individuen auf ihre eigenen Fähigkeiten beim erfolgreichen Erfüllen einer Aufgabe (Bandura, 1997).Synder und Lopez (2002) hingegen betrachteten die Selbstwirksamkeit als einen motivationssteigernden Faktor sowie die Handlungskapazität eines Individuums. Selbstwirksamkeit in Chemie wurde als das Vertrauen von einer Person in ihre eigene Fähigkeit bei der Bewältigung von chemiebezogenen Aufgaben (Çapa Aydın & Uzuntiryaki, 2009). Der Glauben von Lernenden in Selbstwirksamkeit spielt eine wichtige Rolle bei der Steigerung ihrer Motivation beim Chemie-Lernen (Garcia, 2010). Pädagogische Studien legen die Selbstwirksamkeits-wahrnehmung von Lernenden als ein entscheidendes Kriterium für die Einschätzung der Lernmotivation (Dembo, 2004; Kauchak & Eggen, 1998). In diesem Zusammenhang wurden in der vorliegenden Arbeit die Motivation von Lernenden zum Chemie-Unterricht sowie deren Selbstwirksamkeit untersucht. Auch nach Antworten auf die folgenden Forschungsfragen wurden gesucht: (1) Können die Faktorwerte der “Selbstwirksamkeit der Chemie für kognitive Fähigkeiten” und “Selbstwirksamkeit für das Chemielabor” zusammen die Faktorwerte des “Interesses an der Chemieforschung und Arbeitsleistung (ICFA)” in signifikanter Weise vorhersagen? (2) Können die Faktorwerte der “Selbstwirksamkeit der Chemie für kognitive Fähigkeiten” und “Selbstwirksamkeit für das Chemielabor” zusammen die Faktorwerte der “Zusammenarbeit und Kommunikation (ZAK)” in signifikanter Weise vorhersagen? (3) Können die Faktorwerte der “Selbstwirksamkeit der Chemie für kognitive Fähigkeiten” und “Selbstwirksamkeit für das Chemielabor” zusammen die Faktorwerte der “Beteiligung am Chemielernen (BCL)” in signifikanter Weise vorhersagen?

Methode

Bei der vorliegenden Arbeit wurde eine Umfrageforschung verwendet, um die Beziehung zwischen der Chemie-Selbstwirksamkeit von Schülern und deren Motivation für den Chemieunterricht zu untersuchen.

Arbeitsgruppe

An der Forschung nahmen 107 Schüler (darunter 52% weiblich und 48% männlich) der 10. und 11. Klassen (57% 10. Klasse und 43% 11. Klasse) freiwillig teil. Teilnehmer bestehen aus Studierenden, die an einem Gymnasium in Ankara studieren.

Datenerhebungsinstrumente

Chemie-Selbstwirksamkeitsskala für Gymnasium (CSSG), eine Likert-Skala mit 9-Punkten. Sie wurde von Çapa Aydın und Uzuntiryaki (2009) entwickelt, um die Chemie-Selbstwirksamkeitswerte von Schülern zu bestimmen. Die Skala enthält 16 Items. Die Chemie-Selbstwirksamkeitsskala für Gymnasium besteht aus den folgenden zwei Faktoren: "Selbstwirksamkeit der Chemie für kognitive Fähigkeiten (SCKF)" und "Selbstwirksamkeit für das Chemielabor (SCL)". Der Zuverlässigkeitskoeffizient Chronbachs Alpha wurde für den Faktor SCKF mit 0,90 und für den Faktor SCL mit 0,92 berechnet (Çapa Aydın & Uzuntiryaki, 2009).

Skala der Motivation für Chemie (SMC), eine Likert-Skala mit 5-Punkten. Sie wurde von Eskicioğlu und Alpat (2017) entwickelt. Die Skala enthält 31 Items und besteht aus den folgenden 3 Faktoren: "Interesse an der Chemieforschung und Arbeitsleistung (ICFA)", "Zusammenarbeit und Kommunikation (ZAK)" und "Beteiligung am Chemielernen (BCL)". Der Zuverlässigkeitskoeffizient Chronbachs Alpha wurde für den Faktor ICFA als 0,946; für den Faktor ZAK als 0,951; für den Faktor BCL als 0,871 und für die Gesamtskala als 0,962 berechnet (Eskicioğlu & Alpat, 2017).

Befunde

Die Durchschnittswerte der Schüler in den betroffenen Skalen sind in der Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standard-abweichungswerte der erhobenen Variablen

	Mittelwert	Standard-abweichungswert	N
SCKF	49,7009 (max 90)	13,1387	107
SCL	20,9346 (max 54)	11,4893	107
ICFA	45,1215 (max 70)	10,1968	107
ZAK	34,1402 (max 50)	7,8841	107
BCL	25,9907 (max 35)	4,9114	107

In der Tabelle 2 sind die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse bezüglich der ersten Forschungsfrage angegeben.

Tabelle 2: Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage von Faktorwerte der ICFA

Variabel	B	Standard-Fehler$_B$	β	T	p	Binär r	Partiell r
Konstante	28,999	3,762	-	7,708	0.000	-	-
SCKF	0,341	0,069	0,439	4,963	0,000	0,435	0,438
SCL	-0,039	0,079	-0,044	-0,502	0,617	-0,005	-0,049
R= 0,438		R^2 = 0,192					
F(2,104) =12,318		p= 0,000					

Wenn man die Tabelle 2 betrachtet, ist eine mittel starke positive Korrelation zwischen den Faktorwerten der ICFA und SCKF (r = 0,435) zu erkennen. Zwischen den Faktorwerten ICFA und SCL ist jedoch eine niedrige negative Korrelation (r = -0,005) zu beobachten. Faktorwerte der SCKF und SCL ergeben zusammen einen mittleren und signifikanten Zusammenhang mit den Faktorwerten ICFA (R= 0,438, R2 = 0,192, p<0,01). Die beiden Variablen erklären zusammen 20% der Gesamtvarianz bei den Faktorwerten von ICFA.

In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse bezüglich der zweiten Forschungsfrage angegeben.

Tabelle 3: Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage von Faktorwerte von ZAK

Variabel	B	Standard-Fehler$_B$	β	T	p	Binär r	Partiell r
Konstante	30,503	3,089	-	9,876	0,000	-	-
SCKF	0,135	0,056	0,226	2,401	0,018	0,206	0,23
SCL	-0,148	0,065	-0,215	-2,291	0,024	-0,195	-0,22
R= 0,298		R^2 = 0,089					
F(2,104) =5,050		p= 0,008					

Wenn man die Tabelle 3 betrachtet, ist eine niedrige positive Korrelation (r = 0,206) zwischen den Faktorwerten ZAK und SCKF zu erkennen. Zwischen den Faktorwerten von ZAK und SCL hingegen ist eine äußerst niedrige und negative Korrelation (r = -0,195) zu beobachten. Die Faktorwerte SCKF und SCL ergeben zusammen einen mittleren und signifikanten Zusammenhang mit Faktorwerten ZAK von Schülern (R= 0,298, R2 = 0,089, p<0,01). Die beiden Variablen erklären zusammen 9 % der Gesamtvarianz bei den Faktorwerten ZAK. In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse bezüglich der dritten Forschungsfrage angegeben.

Tabelle 4: Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage von Faktorwerte von BCL

Variabel	B	Standard-Fehler$_B$	β	T	p	Binär r	Partiell r
Konstante	19,573	1,560	-	12,549	0,000	-	-
SCKF	0,200	0,028	0,534	7,010	0,000	0,499	0,566
SCL	-0,167	0,033	-0,392	-5,142	0,000	-0,344	-0,450
R= 0,633		R^2 = 0,401					
F(2,104) =34,815		p = 0,000					

Betrachtet man die Tabelle 4, sieht man, dass eine mittlere positive Korrelation zwischen den Faktorwerten BCL und SCKF (r = 0,499). Zwischen den Faktorwerten BCL und SCL hingegen ist eine mittlere negative Korrelation (r = -0,344) zu beobachten. Die Faktorwerte SCKF und SCL ergeben zusammen einen mittleren und signifikanten Zusammenhang (R= 0,633, R2 = 0,401, p<0,01). Die beiden Variablen erklären zusammen ungefähr 40% der Gesamtvarianz bei Faktorwerten BCL.

Ergebnisse und Diskussion

Der Faktor SCL umfasst Selbstwirksamkeitsitems bezüglich der Laborpraxis. Dass dies bezügliche Selbstwirksamkeitswerte und deren Korrelation mit anderen Faktoren niedrig und negativ sind, lässt sich auf die nicht-aktive Nutzung der Chemie-laboren in unseren Schulen zurückführen. Mangel an materiellen Bedingungen, Bildungsmangel an Laborverwaltung, nicht ausreichende Unterrichtsstunden im Fach Naturwissenschaften bzw. für Laborarbeit, überfüllte Klassen, mangelnde Unterrichtsmaterialien und Sicherheitsproblem sowie das fehlende Interesse und Bewusstsein der Schüler an Laborexperimenten zählen laut Lehrkräften zu den Hindernissen für die Laborarbeit (Nakiboğlu & Sarıkaya, 1999, 2000; Uluçınar, Cansaran & Karaca, 2004). Das effektive Lernen von Chemie sowie sinnvolle Lernerlebnisse zu schaffen kommt der Laborarbeit eine große Bedeutung zu. Labor gehört zu den wichtigsten Mitteln des Bildungsprozesses (Lawson, 1995). Generell fällt auch eine geringe Selbstwirksamkeit unserer Schüler in Chemieunterricht auf. Es ist festgestellt worden, dass Faktoren wie das Interesse der Schüler an Unterrichtsthemen, deren Erfolg oder Misserfolg bei der Entwicklung eines wissenschaftlichen Verständnisses, deren übergreifende Ziele und affektive Orientierungen, Lehrplan sich auf die Motivation der Schüler in der naturwissenschaftlichen Bildung auswirken (Hynd, Holschuh & Nist, 2000; Lee & Brophy, 1996). Durch die vorliegende Arbeit hat sich herausgestellt, dass auch die Motivationswerte derjenigen Schüler, die festgestellter weise über eine geringe Selbstwirksamkeit in Chemie verfügen, auf mittlerem Niveau liegen. In der Literatur wurde betont, dass die Selbstwirksamkeitswahrnehmung ein sehr wichtiges Kriterium bei der Einschätzung der Motivationen der Schüler ist (Dembo, 2004; Kauchak & Eggen, 1998). Andererseits wurde in der Literatur berichtet, dass es sich um einen Stieg bei der Anzahl derjenigen Schüler handelt, die kein Vertrauen und Interesse gegenüber der Wissenschaft aufbringen (Pell und Jarvis, 2001). Die Selbstwirksamkeit spielt bei der naturwissenschaftlichen Bildung eine sehr wichtige Rolle. Daher sollten Praktiken zur Steigerung der unterrichts- und wissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeit in Lernumgebungen stattfinden.

Literatur

Alsop, S.,& Watts, M. (2000). Facts and feelings: Exploring the affective domain in the learning of physics. Physics Education, 35, 132-138

Bandura, A. (1997). Self-Efficacy: The exercise of control. New York: W.H. Freeman.

Bloom, B. S. (2012). İnsan nitelikleri ve okulda öğrenme. (Çeviren: D. A. Özçelik) Ankara: Pegem Akademi.

Capa Aydin, Y., & Uzuntiryaki, E. (2009).Development and psychometric evaluation of the high school chemistry self-efficacy scale. Educational and Psychological Measurement, 69(5), 868-880

Dembo, M.H. (2004). Motivation and Learning Strategies for College Success: A Self Management Approach. Lawrence Erlbaum Associates.

Eskicioğlu, A.P., & Alpat, Ş. (2017). Development of Chemistry Lesson Motivation Scale for Secondary School Students. Journal of Turkish Chemical Society, Section C: Chemical Education, 2 (2), 185-212

Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2006). How to design and evaluate research in Education. Sixth Edition, Boston: McGraw-Hill.

Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 34(4), 343-357

Garcia, C.A. (2010). Tracking Chemistry Self-Efficacy and Achievement in a Preparatory Chemistry Course, Yayınlanmamış Doktora Tezi, South Florida Üniversitesi, Tampa, Florida, USA.

Hynd, C., Holschuh, J., & Nist, S. (2000). Learning complex scientific information: Motivation theory and its relation to student perceptions. Reading and Writing Quarterly, 16(1), 23–57

Kauchak, D. P., & Eggen, P. D. (1998). Learning and teaching: Research-based methods (3rd ed.). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

Lawson, A. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth.

Lee, O. & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. Journal of Research in Science Teaching, 33(3), 585-610

Maehr, M.L. (1984). Meaning and motivation: Toward a theory of personal investment. In R.E. Ames & C. Ames (Eds.), Motivation in education: Student motivation, 115- 144. San Diego: Academic Press.

Nakiboğlu, C. ve Sarıkaya, Ş. (1999). Ortaöğretim kurularında kimya derslerinde görevli öğretmenlerin laboratuvardan yararlanma durumlarının değerlendirilmesi. D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi Özel Sayı, 11, 395-405

Nakiboğlu, C. ve Sarıkaya, Ş. (2000). Kimya öğretmenlerinin derslerinde laboratuvar kullanımına mezun oldukları programın etkisi. Kastamonu Eğitim Dergisi, 8 (1), 95-106

Pajares, F. (1997). Current directions in self-efficacy research. In M. Maehr & P. R. Pintrich (Eds.). Advances in motivation and achievement, Vol.10 (pp. 1-49). Greenwich, CT: JAI Press.

Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). Motivation in education: Theory, research, and applications .Upper Saddle River, N.J.:Merrill, Prentice-Hall International.

Snyder, C.R., Lopez, S. (2002). Handbook of positive psychology. Oxford University Press US.

Thompson, T. L. & Mintzes, J. J. (2002). Cognitive structure and the affective domain: On knowing and feeling in biology. International Journal of Science Education, 24(6), 645-660

Uluçınar, Ş., Cansaran, A. ve Karaca, A. (2004). Fen bilimleri laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi. Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 2(4), 465-475

Steffen Wagner
Janine Ziesler
Burkhard Priemer

Humboldt-Universität zu Berlin

Naturwissenschaftliche Interessen von Studierenden des Grundschullehramts

Studierenden des Lehramts an Grundschulen („SLG‘s“) kommt aus der Perspektive der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik eine besondere Rolle zu, da sie in ihrem zukünftigen Beruf Schülerinnen und Schülern den erstmaligen unterrichtlichen Zugang zu den Naturwissenschaften eröffnen werden. Insofern ist eine genaue Kenntnis von Ressourcen dieser Zielgruppe, beispielsweise in Form von vorhandenen naturwissenschaftlichen („NaWi“-)Interessen, relevant, um Lehrveranstaltungen in Biologie, Chemie bzw. Physik entsprechend gestalten zu können. Überdies kann davon ausgegangen werden, dass das Konstrukt Interesse als Person-Gegenstands-Relation (vgl. Krapp, 1992) für NaWi-Lehr-Lern-Umgebungen eine besonders relevante Komponente ist (Gebhard, 2017). Bislang gibt es jedoch kaum Untersuchungen, die die NaWi-Interessen von SLG‘s systematisch, vor allem aber explorativ beschreiben. Stattdessen wurde es bislang vor allem mittels Items erhoben, in denen die mehrstufige Zustimmung zu vorgegebener Aussagen gegeben werden sollte (vgl. Busker et al., 2010; Klusmann et al., 2009; Wentorf et al., 2017). Auch wenn diese Erhebungen für die jeweils angestrebten Ziele wertvolle Informationen liefern, kann das vorhandene Interesse von SLG‘s an NaWi-Themen dadurch nur eingeschränkt abgebildet werden.
Die hier vorgestellte Untersuchung adressiert daher die Frage FF1: Wie lassen sich die NaWi-Interessen von SLG‘s explorativ systematisch beschreiben? Weiterhin gibt es unterschiedliche Befunde zur Abhängigkeit von NaWi-Interessen vom Geschlecht. Während Busker et al. (2010) keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Interessen (hier: Chemiestudierende) finden konnten, sind solche Unterschiede bei anderen Zielgruppen entdeckt worden (für eine Übersicht siehe Gebhard, 2017). Es soll daher folgendes geprüft werden (FF2): Gibt es erkennbare Unterschiede in den Interessen männlicher und weiblicher SLG’s?

Design

Befragt wurden n = 229 SLG‘s im Bachelor, die an einer Berliner oder Brandenburger Universität eine Einführungsvorlesung in Physik zu Beginn des WS 2018/19 bzw. des SS 2019 (jeweils erste Sitzung) besuchten. Das Erhebungsinstrument bestand aus einem Fragebogen, der neben dem Geschlecht (w/m/kA) in einem offenen Format lediglich das „Interesse an naturwissenschaftlichen Themen“ (bis zu zwei mögliche Themen) sowie eine mögliche „Frage an eine(n) ForscherIn“ erfasst. Jeder Proband konnte somit maximal drei Interessen nennen. Für die Auswertung wurden alle Interessen verschlagwortet. Nach der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) konnte in mehreren Durchläufen auf Basis der Schlagwörter ein Kodiermanual erstellt werden, mit dem jedem Interesse eine Kategorie und eine Unterkategorie zugewiesen wurde. Unterkategorien mit weniger als fünf Nennungen wurden nach der Gesamtauswertung zusammengefasst.

Ergebnisse

FF 1*:* Es konnten 604 Nennungen zehn Kategorien mit insgesamt 32 Unterkategorien zugeordnet werden. Die Zuordnung zu den Kategorien nach dem Kodiermanual erreicht eine Beurteilerübereinstimmung von κ = 0,89, zu den Unterkategorien κ = 0,92. Das im Manual beschriebene Kodierverfahren wurde durch einen Experten einer naturwissenschaftlichen Fachdidaktik als inhaltlich valide eingeschätzt. Bei allen Teilnehmenden wurden mindestens ein Interesse und durchschnittlich 2,64 Nennungen derart klassifiziert. Bei insgesamt nur

sieben Nennungen war keine Zuordnung zu den Kategorien (alle bis auf „sonstige“) möglich. In der Tab. 1 werden alle Kategorien und Unterkategorien aufgelistet sowie alle Unterkategorien außer in den klassischen drei Fächern Biologie, Physik und Chemie mit einer Beispielnennung versehen. Auffällig ist vor allem die Breite des Spektrums von Interessen, die die Studierenden mit den Naturwissenschaften assoziieren. Insbesondere das Interesse an Themen und Fragen, die sich nicht den Kategorien Biologie, Physik und Chemie zuordnen lassen.

Kategorien	**Unterkategorien**
Biologie	Biologie allgemein, Evolution, Genetik, Humanbiologie, Mikrobiologie, Neurobiologie, Ökologie, Botanik, Zoologie
Physik	Physik allgemein, Astrophysik, Mechanik, Optik, Elektrizität und Magnetismus, Relativitätstheorie, Struktur der Materie, Physik sonstige
Chemie	Stoffe, Chemie sonstige
Naturwissenschaften	NaWi's allgemein („Naturerscheinungen“), Chemie und Biologie („Wirkung von Medikamenten“), Biologie und Physik („Gibt es Leben auf anderen Planeten?“), Physik und Chemie („Was ist Feuer?“)
Umwelt- und Geowissenschaften	Geowissenschaften („Plattentektonik“), Klimatologie („Klimawandel“), Umweltwissenschaften („Zersetzung von Plastik im Meer und Boden“)
Nature of Science	Ethik und Religion („Schließen Forscher der Naturwissenschaften die biblische Entstehungsgeschichte aus?“), Wissenschaftstheorie / -Geschichte / -Philosophie („Gibt es eventuell Möglichkeiten Naturgesetze zu beeinflussen?“, „Wie entstand die Zeitmessung?“)
Forscherperson	Forscherperson allgemein („Wie sieht deine Arbeit als Forscher/in aus?“)
Technik	Technik allgemein („Kryonik“)
Vermittlung	Vermittlung allgemein („Wie kann man Nichtgreifbares für Kinder greifbar machen?“)
sonstige	sonstige

Tab. 1: Auflistung der Kategorien und Unterkategorien mit Beispielen in Klammern

FF 2: Die Geschlechtsspezifika der Teilnehmenden sowie der zugeordneten Interessen sind in Tab. 2 einsehbar. In der Verteilung von Häufigkeiten in den Kategorien ist durch einen Chi-Quadrat-Test kein signifikanter Unterschied zwischen den Interessen männlicher und weiblicher Teilnehmender zu erkennen (p = 0,30). Auch innerhalb der beiden Kategorien Biologie und Physik konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der jeweiligen Unterkategorien festgestellt werden (Bio: p = 0,72, Phy: p = 0,69).

Geschlecht	Teilnehmende		Nennungen	
w	191	83,4 %	507	83,9 %
m	33	14,4 %	84	13,9 %
kA	5	2,2 %	13	2,2 %
Gesamt	229		604	

Tab. 2: Geschlechtsspezifika der Teilnehmenden sowie der zugeordneten Nennungen (Interessen)

Aufgrund von mehreren Fällen, in denen die Häufigkeit pro Geschlecht und Unterkategorie kleiner als fünf ist, wurde die zusätzlich ein exakter Fisher-Test durchgeführt, der ebenfalls

keine signifikanten Unterschiede zeigt. Das eingesetzte Verfahren zeigt damit keine Präferenz eines Geschlechts für bestimmte Interessen auf Basis der entwickelten Kategorien. Auch innerhalb der Interessensgebiete mit den meisten Unterkategorien bzw. fachspezifischen Themen lassen sich keine Interessensunterschiede zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmern feststellen.

Diskussion und Implikationen

Durch das explorative, offene Vorgehen in dieser Erhebung werden Interessensfacetten sichtbar, die in ihrer Bandbreite und Struktur mit etablierten, geschlossenen Untersuchungsdesigns wahrscheinlich verdeckt geblieben wären, vor allem unter Berücksichtigung der besonders schlanken Erhebungssituation mit einem nur drei Punkte umfassenden Fragebogen. Ethische, wissenschaftstheoretische und -historische, interdisziplinäre aber auch religiöse und aktuelle (z.B. Klima-)Themen werden dabei gleichzeitig mit fachspezifischen Interessen sichtbar.

Diese mannigfaltige Interessenlage ist als Ressource zu verstehen, auf die universitäre Lehre zurückgreifen kann und muss. Ein solcher multiperspektivischer Zugang zu fachlichen Inhalten deckt sich ohnehin stärker mit den für die Zielgruppe der SLG's beruflich relevanten Rahmenkonzepten (z.B. GDSU, 2013) als eine monoperspektivische Ausrichtung. Schließlich gibt es im Wesentlichen nur wenige universitäre, fachwissenschaftliche Veranstaltungen, in denen die fachlichen, konzeptuellen Grundlagen für die späteren Anforderungen an Grundschullehrkräfte gelegt werden (Möller, 2004).

Die fehlende Sichtbarkeit von unterschiedlichen Interessen bei weiblichen und männlichen Teilnehmenden lässt sich möglicherweise durch die Zusammensetzung der Stichprobe und vor dem Hintergrund der Empathizing-Systemizing-(ES-)Theorie (Baron-Cohen, 2009) erklären. Danach hat der sogenannte Brain-Type „Systematisierer", der sich stärker an Strukturen orientiert, andere Interessen und Berufsvorstellungen als „Empathisierer", die sich eher an sozialen Kontexten orientieren. Üblicherweise ist bei Mädchen und Frauen der Empathisierer-Anteil und bei Jungen und Männern der Systematisierer-Anteil größer (Baron-Cohen et al., 2005), wodurch sich beispielsweise Interessenunterschiede im Kontext Schule erklären lassen, da hier beide Brain-Types und Geschlechter etwa gleich häufig vertreten sind. In der vorliegenden Stichprobe kann aufgrund des sozialen Berufsfeldes Grundschullehrkraft davon ausgegangen werden, dass es sich bei den Studierenden überwiegend um Empathisierer handelt, die demgemäß ähnliche Interessen aufweisen. Um diese Hypothese zu prüfen, wäre eine parallele Erhebung von naturwissenschaftlichen Interessen und des Brain-Types sinnvoll.

Eine mögliche Konsequenz besteht darin, anstelle einer genderspezifischen Differenzierung innerhalb dieser Zielgruppe die Heterogenität der Interessenlage, so wie sie in Tab. 1 ausschnitthaft abgebildet ist, zu berücksichtigen. Diese Interessenlage kann sich jedoch deutlich von der der Lehramtsstudierenden für die weiterführenden Schulen unterscheiden, falls sich dort eine andere Zusammensetzung vor dem Hintergrund der ES-Theorie zeigt. In dem Fall wäre eine Übertragung von Kontexten und Themen der Veranstaltungen für diese Lehramtsstudierenden auf die SLG's nicht sinnvoll.

Um ein präziseres Bild der Interessen dieser Zielgruppe(n) zu erhalten, ist eine Ausdehnung der Stichprobe auch auf Teilnehmende von Biologie- und Chemievorlesungen sowie auf Lehramtsstudierende für weiterführende Schulen möglich. Auch darüber, wie bedeutsam die genannten Interessen für die Teilnehmenden sind, kann mit den vorliegenden Daten keine Aussage getroffen werden. Dennoch ist die dargestellte Interessenlage ein wichtiger Beitrag für die ressourcenorientierte Gestaltung von universitären Lehr-Lern-Veranstaltungen. Darüber kann das besonders ökonomische Verhältnis von Erhebungsaufwand und Ergebnissen als Motivation für den weiteren Einsatz dieses Verfahrens an anderen Zielgruppen dienen.

Literatur

Baron-Cohen, S., Knickmeyer, R. C., & Belmonte, M. K. (2005). Sex differences in the brain: implications for explaining autism. *Science*, 310(5749), 819-823.

Baron-Cohen, S. (2009). Autism: The Empathizing-Systemizing (E-S) Theory. In: *Annals of the New York Academy of Sciences*, Bd. 1156, 68–80

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie: Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende? *CHEMKON*, 17(4), 163–168.

GDSU (Hrsg.)(2013): Perspektivrahmen Sachunterricht (vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). Interesse an Naturwissenschaft. In U. Gebhard, D. Höttecke, & M. Rehm, *Pädagogik der Naturwissenschaften* (S. 125–142).

Klusmann, U., Trautwein, U., Lüdtke, O., Kunter, M., & Baumert, J. (2009). Eingangsvoraussetzungen beim Studienbeginn: Werden die Lehramtskandidaten unterschätzt? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(34), 265–278.

Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. (1992). Interest, learning, and development. In *The role of interest in learning and development* (S. 3–25).

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim, Basel: Beltz.

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule—Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merkens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65–84). Opladen: Leske und Budrich.

Wentorf, W., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2017). Welche Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen zu naturwissenschaftlichen Tätigkeiten weisen Studierende der Naturwissenschaften auf? *CHEMKON*, 24(3), 111–118.

Fenja Bodesheimer Goethe-Universität Frankfurt (a. M.)
Arnim Lühken

Der Einfluss eines industriellen Lernumfeldes auf die zukunftsorientierte naturwissenschaftliche Motivation

Theoretischer Hintergrund

Die Bedeutung der naturwissenschaftlichen Bildung ist im Hinblick auf deren Untrennbarkeit von der modernen Gesellschaft und den resultierenden politischen Diskussionen (Klimawandel, Gentechnik, Elektromobilität, etc.) so präsent wie selten zuvor. Die Schule als Bildungsstätte gerät immer wieder in den Fokus von Studien, die die Entwicklung von speziell naturwissenschaftlichen Kompetenzen untersuchen und trägt sich schwer an der Verantwortung neben anderen Aufgaben auch der Berufsorientierung und Nachwuchsförderung gerecht zu werden (Popp, 2007). In den MINT-Fachbereichen werden daher als methodische Ergänzung häufig außerschulische Lernorte (Schülerlabore, Exkursionen) eingesetzt. Diese Lernorte gewinnen insbesondere im Hinblick auf den aktuellen und antizipierten Fachkräftemangel der MINT-Berufe und den inkongruenten Berufswünschen der Schülerinnen und Schüler an Bedeutung, da sie ein erstes Verständnis von dem beruflichen Umfeld der MINT-Fächer vermitteln sollen (Haupt et al., 2013). Die Berufswünsche von Heranwachsenden gehören zu der Persönlichkeitsentwicklung, zu deren direkten Einflussfaktoren neben der familiären und schulischen Entwicklungswelt auch die Peergruppe, die Medien und der erste Arbeitsweltkontakt der Schülerinnen und Schüler zählen. Diese Entwicklungseinflüsse konstruieren „ […] *Wissensbestände (Selbst-, Umwelt- und Weltpräsentationen) und handlungsbezogene Überzeugungen, die die Emotions-, Motivations- bzw. Handlungsbildung beeinflussen*“ (Schmude, 2009).

Sozialpsychologische Grundlagen

Die Wahrnehmung der Entwicklungseinflüsse wird durch die konstruierte, subjektive Realität der Schülerinnen und Schüler beeinflusst (Murch & Woodworth, 1977). Durch diese subjektiven Erfahrungen werden wiederum Wissensbestände konstruiert, die in deklaratives Wissen bis hin zu einem Verständnis führen können. Persönlichkeitsmerkmale, wie auch die Motivation, werden auf Basis dieser Wissensbestände ausgeprägt. In der hier vorgestellten Teilstudie wird die Motivation als zentrales Persönlichkeitsmerkmal der Verhaltenserklärung operationalisiert (Schiefele & Schaffner, 2015).
Auf die MINT-Fachbereiche bezogen bedeuten diese theoretischen Grundlagen, dass Schülerinnen und Schüler zunächst Informationen über ein naturwissenschaftlich berufliches Umfeld benötigen, um Wissensbestände konstruieren zu können. Aufbauend auf jenen Wissensbeständen kann wiederum ein Persönlichkeitsmerkmal wie die zukunftsorientierte naturwissenschaftliche Motivation ausgeprägt werden.

Forschungskontext

In der vorliegenden Studie wird eine Experimentiereinheit des Eltern-Kind-Projektes KEMIE® beforscht, die im Februar 2019 im Technikum des Ausbildungsbetriebes Provadis, im beruflichen Umfeld der chemischen Industrie stattfand.
Das KEMIE®-Projekt wurde im Schuljahr 2008/09 zum ersten Mal an der Ruhr-Universität Bochum umgesetzt (Sommer et al., 2013). Über den Zeitraum von einem Schuljahr besuchen Eltern-Kind-Tandems an insgesamt neun Terminen das Schülerlabor und experimentieren an alltäglichen, naturwissenschaftlichen Phänomenen. Initiiert durch die Stiftung Polytechnische Gesellschaft und in Kooperation mit dem Institut für Didaktik der

Chemie und dem Landesverband Hessen im Verband der chemischen Industrie, wurde das Projekt im Schuljahr 2016/17 im Goethe-Schülerlabor Chemie der Goethe-Universität Frankfurt (a. M.) implementiert. Das Frankfurter Programm zeichnet sich insbesondere durch die Durchführung einer der neun Experimentiereinheiten in dem Technikum von Provadis aus. In den Räumlichkeiten, in denen sonst die Auszubildenden in der chemischen Verfahrenstechnik geschult werden, stellen die Eltern-Kind-Tandems an verkleinerten Industriekesseln über mehrere Arbeitsschritte Calciumcarbonat her.

Forschungsfragen

In dem vorliegenden Forschungskontext stellen sich folgende Fragen:
F1: Hat schon ein einmaliger Besuch eines außerschulischen Lernortes in der chemischen Industrie Auswirkungen auf das Verständnis von der chemischen Industrie?
F2: Hat schon ein einmaliger Besuch eines außerschulischen Lernortes in der chemischen Industrie Auswirkungen auf die zukunftsorientierte naturwissenschaftliche Motivation?
F3: Besteht für diesen Zeitraum ein Zusammenhang zwischen dem Verständnis von der chemischen Industrie und der zukunftsorientierten naturwissenschaftlichen Motivation?

Studiendesign

Die Schülerinnen und Schüler wurden nach dem *convergent design* (Mixed-Methods) (Kuckartz & Rädiker, 2019) vor (t_0) und nach (t_1) der Experimentiereinheit sowohl quantitativ getestet als auch qualitativ befragt. Die *quantitative Datenerhebung* umfasst die Variable zukunftsorientierte naturwissenschaftlichen Motivation (NawiMZP) ($\alpha = 0{,}91$) mit einer 4-stufigen Likert-Skala (1 = stimme gar nicht zu, 4 = stimme ganz zu) (OECD, 2005). Die *qualitative Datenerhebung* umfasst die offene Frage nach dem Verständnis von der chemischen Industrie (VchemI): „Was verstehst du unter der chemischen Industrie?“.

Stichprobenbeschreibung

An der Experimentiereinheit bei Provadis nehmen Schülerinnen und Schüler teil, die sowohl die Grundschule als auch weiterführende Schulen besuchen. Aufgrund des komplexen Konstrukts werden die teilnehmenden Grundschulkinder für die Studie ausgeschlossen. Gültige Werte der qualitativen und quantitativen Erhebung von jeweils beiden Messzeitpunkten liegen schließlich von 17 Schülerinnen und Schülern, davon 10 Mädchen, mit einem Altersdurchschnitt von 10,47 Jahren vor. Alle besuchen Gymnasien in Frankfurt (a. M.) in den Jahrgangstufen 5 bis 8.

Zukunftsorientierte naturwissenschaftliche Motivation (QUAN)

Die Mittelwerte aller Items und so auch der gesamten Skala der NawiMZP sind zu t_1 höher als bei t_0. Signifikant ($p < .05$) sind die Mittelwertsänderungen der NawiMZP_2, NawiMZP_4 und der gesamten Skala mit jeweils starken Effekten ($d > 0{,}8$) (*Tab. 1*).

Tab. 1: Mittelwerte, Signifikanz und Effekt der NawiMZP über den Zeitraum von t_0 bis t_1

	M_{t0}	M_{t1}	ΔM	p	η^2	d
NawiMZP_1	2,82	3,06	0,24	.163	.118	-
NawiMZP_2	2,59	3,06	0,47	.041	.235	1,11
NawiMZP_3	2,41	2,71	0,30	.136	.134	
NawiMZP_4	2,53	3,00	0,47	.027	.269	1,21
NawiMZP	2,59	2,96	0,37	.039	.240	1,12

Verständnis von der chemischen Industrie (QUAL)

Anhand der Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden induktiv, ordinalskalierte Kategorien abgeleitet. Abbildung 1 zeigt die mittleren Ränge mit zunehmenden Verständnis

(1 = kein Verständnis, 2 = geringes, begriffliches Verständnis, 5 = abstraktes, konkretes Verständnis) zu den Messzeitpunkten t_0 und t_1. Die Verbesserung des Verständnis wird über die hoch signifikante ($p < .01$) Zunahme des mittleren Ranges (*Tab. 2*) sichtbar.

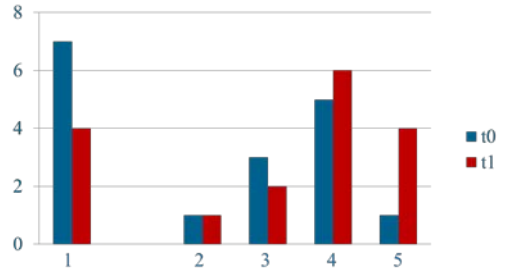


Abb. 1: Darstellung der Häufigkeit der Kategorien der VchemI zu den Zeitpunkten t_0 und t_1

Tab. 2: Mittlerer Rang und Signifikanz der VchemI über den Zeitraum von t_0 bis t_1

	VchemI_t_0	VchemI_t_1
Mittlerer Rang	1,29	1,71
Sig. *p* (zweiseitiger Test)	.008	

Methodentriangulation

Durch eine Korrelationsanalyse für nicht-parametrische Daten, konnte die Kovarianz der Variablen VchemI_t_1 und NawiMZP_2 festgestellt werden. Dies erlaubt eine multifaktorielle Varianzanalyse über zwei Messzeitpunkte (MANOVA) (*Tab. 3*), die einen hoch signifikanten ($p < .01$) und starken ($d > 0{,}8$) Haupteffekt zeigt.

Tab. 3: Ergebnisse der MANOVA: Signifikanzen und Effekte über den Zeitraum von t0 bis t1

	Variable	df	F	Sig. *p*	η^2	*d*
Innersubjekteffekte	Haupteffekt	14	6,65	.009	,487	1,95
	VchemI	1	6,74	.020	,310	1,34
	NawiMZP_2	1	4,81	.044	,243	1,13

Diskussion der Ergebnisse & Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass durch den einmaligen Besuch des Technikums, ein Umfeld von MINT-Berufen, das Verständnis von der chemischen Industrie und zugleich auch die zukunftsorientierte Motivation signifikant zunehmen. Aus der multifaktoriellen Varianzanalyse geht außerdem hervor, dass die Effekte der beiden Faktoren über den Zeitraum des Besuches hoch signifikant in Zusammenhang stehen.

Das die Effekte außergewöhnlich groß sind, kann auf eine Verzerrung der Daten durch eine geringe Stichprobengröße zurückgeführt werden. Die kleine Anzahl (N = 17) ergibt sich allerdings aus den Schülerinnen und Schülern, die tatsächlich an beiden Messzeitpunkten das offene Antwortformat der qualitativen Fragestellung beantwortet haben. Trotz der signifikanten Ergebnisse leidet daher die Repräsentativität der Studie. Sie kann aber durchaus als explorative Forschung betrachtet werden, die zeigt, dass unter den gegebenen Umständen das unmittelbare Erleben eines naturwissenschaftlichen Arbeitsumfeldes einen persönlichkeitsprägenden Einfluss hat. Für die Praxis bedeutet dies, dass den Heranwachsenden mehr industrienahe Lerngelegenheiten angeboten werden müssen, damit diese die Phänomene eines MINT-Arbeitsumfeldes selbst erleben können.

Literatur

OECD (2005). Contextual framework for PISA 2006, Warschau: OECD.

Haupt, O.J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelman, R. (2013). Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 66(6), 342-330.

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2019). Analyzing Qualitative Data with MAXQDA, Wiesbaden: Springer Verlag.

Murch, G.M. & Woodworth, G.L. (1977). Wahrnehmung, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer.

Popp, U. (2007). Widersprüche zwischen schulischer Sozialisation und jugendlichen Identitätskonstruktionen. Zur "Identitätskrise" der Schule. In Kahlert, H. & Mansel, J. (Hrsg.), Bildung und Berufsorientierung. Der Einfluss von Schule und informellen Kontexten auf die berufliche Identitätsentwicklung (S. 19–35). Weinheim, München: Juventa Verlag.

Schiefele, U. & Schaffner, E. (2015). Motivation. In Wild, E. & Möller, J. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 153–175). Berlin, Heidelberg: Springer.

Schmude, C. (2009). Entwicklung von Berufspräferenzen im Schulalter: längsschnittliche Analyse der Entwicklung von Berufswünschen. Habilitation. Humboldt-Universität.

Sommer, K., Russek, A., Kleinhorst, H., Kakoschke, A. & Efing, N. (Hrsg.) (2013). CHEMKON KEMIE Sonderausgabe, Weinheim: Wiley-VCH Verlag.

Tobias Schüttler[1&2] [1]LMU München
Bianca Watzka[1] [2]DLR_School_Lab
Raimund Girwidz[1]

Ist Authentizität wirklich der Trumpf der Schülerlabore?

Zusammenfassung
Als wichtige Einflussgröße dafür, wie Schülerlabore das Interesse ihrer Besucher fördern, wird oft die dort erlebbare Authentizität genannt. Die Wirkzusammenhänge sind jedoch bislang empirisch noch wenig erforscht. Bei der vorgestellten Interventionsstudie mit Kontrollgruppe wurde der Einfluss der Authentizität von Lernort und –material auf die Wahrnehmung von Zehntklässler*innen, insbesondere auf deren situationales Interesse, untersucht. Dazu wurde ein Workshop zur Infrarotfernerkundung mit unterschiedlich authentischen Messgeräten in einem Schülerlabor des DLR, und in Schulen durchgeführt und evaluiert. Die höchsten Werte für das situationale epistemische Interesse wurden beim objektiv authentischsten Lernsetting im Schülerlabor beobachtet. Aber auch die anderen Gruppen bewerteten die Workshops als signifikant interessanter und authentischer als die Kontrollgruppe ihren Physikunterricht. Schülerlabore legen also zu Recht großen Wert auf Authentizität. Zugleich bestätigt die Studie die positive Wirkung authentischer Kontexte auf das Interesse der Lernenden – auch in der Schule.

Wissenschaftlicher Hintergrund
Schülerlabore haben sich als außerschulische Lernorte in den vergangenen zwei Dekaden fest in der deutschen Bildungslandschaft etabliert (Euler, Schüttler & Hausamann, 2015). Der Verband deutscher Schülerlabore zählt in seinem online Schülerlaboratlas im Jahr 2019 knapp 400 solcher Einrichtungen im deutschsprachigen Raum (LernortLabor, 2019). Nach Haupt et al. (2013, S. 326) sollen Schülerlabore „das Interesse an und das Verständnis für Natur- und Ingenieurwissenschaften [fördern] und wollen im Hinblick darauf motivationale und möglichst auch kognitive Effekte erzielen." Eine Reihe von Studien belegt, dass diese Ziele vielfach zumindest kurzfristig – teilweise aber auch mit langanhaltender Wirkung – erreicht werden (vgl. zusammenfassend Pawek, 2019). Als besonderes Alleinstellungsmerkmal der forschungsnahen klassischen Schülerlabore[1] an Universitäten und Forschungseinrichtungen wird häufig deren großes Maß an Authentizität genannt. Scharfenberg und Bogner (2015, S. 24) nennen diese „*entscheidend*", Euler et al. (2015, S.762) spricht gar vom „*Trumpf der Schülerlabore*". Indes bleibt oft im Unklaren, was genau unter dem Begriff *Authentizität* verstanden wird. Dieser Beitrag orientiert sich am Authentizitätsmodell von Betz et al. (2016). Darin werden neben eher objektiven Randbedingungen des Lernsettings, wie dem Lernort oder -material, auch individuelle, subjektive Aspekte für die Entstehung wahrgenommener Authentizität und daraus resultierender Effekte berücksichtigt.

Die Frage, wie ein authentisches Lernsetting im Schülerlabor positive Effekte im affektiven und im kognitiven Bereich bewirken kann, ist empirisch derzeit noch unzureichend erforscht. Parchmann und Kuhn (2018) stellen mit Bezug auf aktuelle Theorien zu Motivation (Schiefele, 2009) und Interesse (Krapp & Prenzel, 2011), unter anderem die Bedeutung der wahrgenommenen inhaltlichen Relevanz eines Lerngegenstands heraus. Diese erwies sich neben anderen Faktoren als wirksam bei der Förderung von Motivation und Interesse. Im Bereich Schülerlabore konnte Zehren (2009) einen starken statistischen

[1] Die Bezeichnung „klassisches Schülerlabor" wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Dieser Beitrag orientiert sich an der bei Pawek (2019, S. 145 f.) beschriebenen, eher forschungs-pragmatischen Sichtweise.

Zusammenhang (Pearson's $r = 0{,}676$, $p < 0{,}01$) zwischen der wahrgenommenen Relevanz der Inhalte und der intrinsischen Motivation der Schüler*innen feststellen. Betz (2018) konnte zeigen, dass eine Unterrichtseinheit am authentischen Lernort (Schülerlabor), die durch einen Wissenschaftler unterstützt wurde, zu einem größeren situationalen Interesse und einer stärkeren Authentizitätswahrnehmung führte, als wenn dieselbe Einheit in der Schule und ohne Unterstützung durch den Wissenschaftler durchgeführt wurde. Die wenigen derzeit vorliegenden empirischen Studien zur Bedeutung der Authentizität beim Schülerlaborbesuch geben Grund zur Annahme, dass sich die authentische Lernumgebung tatsächlich positiv auf das situationale Interesse auswirken kann (Itzek-Greulich & Vollmer, 2018). Für naturwissenschaftlich orientierte, klassische Schülerlabore fehlt jedoch bislang ein entsprechender, direkter Vergleich unterschiedlich authentischer Lernorte (Schule vs. Schülerlabor) unter sonst möglichst gleichen Bedingungen. Auch die Rolle der Authentizität der eingesetzten Materialien ist in diesem Zusammenhang noch zu wenig erforscht.

Intervention: Workshop zur Infrarotfernerkundung

Der hier vorgestellten Interventionsstudie lag ein 2x2-Design mit Kontrollgruppe und Pre-, Post- und Follow-up-Erhebung zu Grunde. Untersucht wurde der Einfluss der Authentizität von Lernort (Schülerlabor vs. Schule) und Lernmaterial (Labormaterial vs. einfaches DIY-Material) auf das situationale Interesse sowie auf die Authentizitätswahrnehmung (siehe Tabelle1). Die an der Studie teilnehmenden 246 Zehntklässler*innen aus 12 Münchener Gymnasien wurden den Versuchsbedingungen aus Tabelle1 zugewiesen. Mit Fragebögen direkt vor, direkt nach und 6-8 Wochen nach der Veranstaltung wurden unter anderem das individuelle Interesse an Naturwissenschaften, das situationale Interesse sowie unterschiedliche Bereiche der wahrgenommenen Authentizität und Relevanz erhoben.

Tabelle1: Überblick über die durchgeführte Intervention

Lernort / **Lernmaterial**	**Schüler-labor**	**Schule**
Labor	Teure, nicht in Schulen verfügbare High-Tech Laborgeräte am authentischen Lernort DLR	Teure, nicht in Schulen verfügbare High-Tech Laborgeräte am wenig authentischen Lernort Schule
DIY	Einfach zu beschaffende, kostengünstige „Do-It-Yourself" Experimente am authentischen Lernort DLR	Einfach zu beschaffende, kostengünstige „Do-It-Yourself" Experimente am wenig authentischen Lernort Schule
Kontrollgruppe Regulärer Physikunterricht in der Schule		

Die Interventionsgruppen führten einen standardisierten, schülerzentrierten Workshop, entweder im DLR_School_Lab, dem Schülerlabor des DLR Oberpfaffenhofen, als stark authentischem Ort, oder an ihrer Schule durch. Der Workshop behandelte Themen der Infrarotfernerkundung von Vegetation und von Hochtemperaturereignissen, basierend auf zwei etablierten Experimenten des Schülerlabors (vgl. Locherer, Hausamann, & Schüttler, 2012). Bei diesen kommen sehr präzise, echte wissenschaftliche Laborgeräte zum Einsatz. Um Effekte der Authentizität der eingesetzten Materialien zu untersuchen, wurden einfachere, für Schulen verfügbare Alternativinstrumente entwickelt und bereitgestellt,

sodass die Interventionsgruppen an den unterschiedlich authentischen Lernorten auch unterschiedlich authentische Lernmaterialen nutzten. Um eine gute Funktionalität der einfacheren Geräte sicherzustellen, wurden diese im Vorfeld ausgiebig erprobt. (Vgl. Schüttler, Girwidz, und Zepp, 2017 sowie Schüttler, Maman und Girwidz, 2018 und 2019). Die Inhalte der Workshops mit den einfachen Materialien findet man bei Schüttler und Zepp (2019) sowie Schüttler und Girwidz (2019).

Wesentliche Ergebnisse und Diskussion

Die gemessenen Werte für die emotionale und die wertbezogene Interessenskomponente (vgl. Pawek, 2009) lagen bei allen Gruppen im Durchschnitt jeweils über der Mitte der fünfstufigen Skala, wobei die Interventionsgruppen sich signifikant ($p < 0{,}001$) und mit mittleren bis großen Effekten (Cohen's $d > 0{,}738$) positiv von der Kontrollgruppe abhoben. Zwischen den Interventionsgruppen, die unterschiedlich authentische Lernsettings erfahren hatten, konnten jedoch keine statistisch bedeutsamen Unterschiede ($p > 0{,}703$) in diesen beiden Interessenskomponenten festgestellt werden (vgl. Tabelle2).

Die epistemische Interessenskomponente, die etwas vereinfacht formuliert den Wunsch mehr zu lernen beschreibt, war indes bei der Gruppe, welche im Schülerlabor mit echten Laborgeräten arbeiten konnte, die also das objektiv betrachtet authentischste Lernsetting erfahren hatte, am stärksten ausgeprägt (vgl. Tabelle2). Der Effekt ist, bezogen auf die anderen Teilgruppen der Intervention, signifikant ($p = 0{,}011$) und von mittlerer Stärke (Cohen's $d = 0{,}619$). Eine tiefergehende Analyse mit linearen Modellen, welche u.a. auch die Eingangsinteressen der Schüler*innen berücksichtigte, untermauert dieses Ergebnis.

Tabelle2: Ergebnisse für die Komponenten des situationalen Interesses

Ort	DLR				Schule				Kontroll	
Material	Labor		DIY		Labor		DIY			
	M	SD	**M**	SD	**M**	SD	**M**	SD	**M**	SD
Emotionale Komponente	**4,24**	0,567	**4,02**	0,559	**4,18**	0,524	**4,07**	0,560	**3,56**	0,708
Wertbezogene Komponente	**3,92**	0,598	**3,99**	0,489	**3,93**	0,558	**3,89**	0,703	**3,39**	0,806
Epistemische Komponente	**3,49**	0,767	**3,03**	0,592	**3,04**	0,608	**3,01**	0,781	**2,67**	0,679

Die Authentizität der Materialien und der Arbeitsweisen wurde unabhängig vom Lernort von den Gruppen, die echte Laborgeräte eingesetzt hatten, am höchsten bewertet. Im Schülerlabor konnten indes, unabhängig vom Lernmaterial, die höchsten Werte für die wahrgenommene inhaltliche Relevanz gemessen werden. Allerdings war dies nur direkt im Anschluss an die Intervention der Fall – in der Follow-up Erhebung, nach 6-8 Wochen, waren die Werte auf die in den Schulen gemessenen abgesunken. Die wahrgenommene Authentizität und inhaltliche Relevanz waren in allen Fällen bei der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe signifikant, mit mittlerer bis großer Effektstärke, höher ausgeprägt.

Die Ergebnisse stützen somit die Behauptung, dass die Authentizität tatsächlich ein Trumpf der Schülerlabore ist: Das epistemische Interesse wird in einem forschungsnahen Schülerlabor mit echten, als authentisch empfundenen Laborgeräten stärker geweckt, als in der Schule. Allerdings können Methoden und Inhalte aus Schülerlaboren offensichtlich auch mit relativ einfachen technischen Mitteln in die Schule übertragen werden, wo sie ebenfalls positive Lernemotionen auslösen können.

Literatur

Betz, A., Flake, S., Mierwald, M., & Vanderbeke, M. (2016). Modelling authenticity in teaching and learning contexts: a contribution to theory development and empirical investigation of the construct. In C. K. Looi, J. Polman, U. Cress & P. Reimann (Hrsg.), Transforming learning, empowering earners: the International Conference of the Learning Sciences *(ICLS) 2016 Bd. 2,* 815–818. Singapur: International Society of the Learning Sciences.

Betz, A. (2018). Der Einfluss der Lernumgebung auf die (wahrgenommene) Authentizität der linguistischen Wissenschaftsvermittlung und das Situationale Interesse von Lernenden. Unterrichtswissenschaft, *46*(3), 261-278.

Euler, M., Schüttler, T., & Hausamann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik (S. 759-782). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor–Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU, 66(6), 324-330.

Itzek-Greulich, H. & Vollmer, C. (2018). Quantitative Forschung zur Authentizität der Wissenschafts-vermittlung im Schülerlabor. Ein Diskussionsbeitrag. Unterrichtswissenschaft, *46*(3), 321-326.

Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International journal of science education*, *33*(1), 27-50.

LernortLabor, Bundesverband der deutschen Schülerlabore. www.lernortlabor.de (zuletzt abgerufen am 30.9.2019)

Locherer, M., Hausamann, D. & Schüttler, T. (2012). Practical science education in remote sensing at the DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International (pp. 7389-7392). IEEE.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel-und Oberstufe (Dissertation). Christian-Albrechts Universität Kiel.

Pawek, C. (2019). 20 Jahre Schülerlabore an Hochschulen und anderen Einrichtungen Eine wissenschaftlich fundierte Erfolgsgeschichte. In Driesen, C. & Ittel, A. (Hrsg.). Der Übergang in die Hochschule. Strategien, Organisationsstrukturen und Best Practices an deutschen Hochschulen. Münster: Waxmann Verlag.

Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 193-207). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Scharfenberg, F.-J., & Bogner, F. X. (2015). Empirische Analyse: Leistung zählt! In O. J. Haupt, et al. (Hrsg.) Schülerlabor-Atlas 2015. Schülerlabore im deutschsprachigen Raum (S. 24–31). Stuttgart: Klett MINT.

Schiefele, U. (2009). Motivation. In: E. Wild & J. Möller (Hrsg.): Pädagogische Psychologie, (S. 151-177). Heidelberg: Springer Verlag.

Schüttler, T., Girwidz, R. & Zepp, S. (2017). Validierung von NDVI-Messungen mit einer modifizierten Digitalkamera – Fernerkundung von Vegetation als Thema des Physikunterrichts. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule PhyDid A. (pp. 81-90)

Schüttler, T., Maman, S. & Girwidz, R. (2018). Physics teaching by infrared remote sensing of vegetation. Physics Education, 53(3), 033005

Schüttler, T., Maman, S. & Girwidz, R. (2019). Teaching Remote Sensing Techniques With High-Quality, Low-Cost Sensors [Education]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 7(2), 185-190.

Schüttler, T. & Girwidz, R. (2019). Kostengünstige Infrarotsensoren im Physikunterricht. plusLucis 2/2019. S.16-21

Schüttler, T. & Zepp, S. (2019). Methoden der Infrarotfernerkundung im Physikunterricht. plusLucis 2/2019. S.22-28

Zehren, W. (2009). Forschendes Experimentieren im Schülerlabor. (Dissertation) Universität Saarbrücken.

Nadine Boele Universität Regensburg
Oliver Tepner

Validierung eines Instruments zum Vergleich zeitbasierter Kodierungen hinsichtlich wahrgenommener Lernunterstützung

Theoretischer Hintergrund

Viele Schüler*innen haben Probleme im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das bestätigen auch die Ergebnisse der PISA-Studie 2015, bei der etwas mehr als 20 Prozent der Schüler*innen in den Naturwissenschaften das Grundkompetenzniveau (Stufe 2) nicht erreichten (Schleicher, 2016). Um die Schüler*innen in ihrem Lernprozess zu unterstützen, ist es notwendig, Lernschwierigkeiten zu erkennen und durch gezielte Maßnahmen zu beseitigen (Kahlert, 2002; Zielinski, 1998). Als zentrale Merkmale der Lernunterstützung, und somit auch für den Lernerfolg, haben sich kognitive Aktivierung und inhaltliche Strukturierung erwiesen (Kunter & Voss, 2011; Lipowsky, 2009). Kognitive Aktivierung umfasst alle Lerngelegenheiten, die die Lernenden dazu anregen, sich mit Lerninhalten aktiv auseinander zu setzen (Baumert & Köller, 2000; Krauss et al., 2004). Dazu gehören u.a. die Orientierung an Schülervorstellungen, eine geeignete Fehlerkultur, Problemorientierung und die Anwendung des neuen Wissens (Helmke, 2014; Hugener, Pauli & Reusser, 2007; Kleickmann, 2012). Man konnte zeigen, dass auch Schüler*innen mit Lernschwierigkeiten von kognitiv anspruchsvollem Unterricht profitieren können, wenn strukturierende Elemente zur Unterstützung angeboten werden (Jonen, Möller & Hardy, 2003; Stern & Hardy, 2005). Dabei geht es vor allem darum, den Inhalt verstehbar zu machen, was u. a. durch Zielklarheit, Sequenzierung, Hervorheben und der Verwendung von geeigneten Repräsentationsformen gelingt (Helmke, 2014; Kleickmann, 2012).

Das Erkennen von Lernschwierigkeiten und somit der Notwendigkeit einer lernunterstützenden Maßnahme stellt eine große Herausforderung dar, da Lehrpersonen im Unterricht mit vielen komplexen, simultan auftretenden Situationen konfrontiert werden (Bromme, 1997; Sherin, Jacobs & Philipp, 2011). Dabei nehmen verschiedene Lehrpersonen in der gleichen Situation unterschiedliche Dinge – basierend auf dem eigenen Professionswissen – wahr (Gibson, 1979; Goodwin, 1994).

Kodiersystem

Im Rahmen des Projekts wurden Situationen, welche hinsichtlich der Lernunterstützung relevant sind, in Unterrichtsvideos von zwei Kodierern kodiert. Dabei wurden die Videos jeweils nur einmal angeschaut, um die erste Wahrnehmung der Kodierer zu erfassen. Anschließend wurden die Wahrnehmungen der beiden Kodierer verglichen. Der Vergleich zweier Kodierer bei zeitbasierten Videokodierungen kann sehr aufwändig und schwierig sein, da die Zeiten für die Kodierung derselben Situation teilweise stark variieren und die Zuordnung anhand der Kommentare nicht immer eindeutig ist. Um dieses Problem zu umgehen, wurde ein Kodiersystem entwickelt, das eine Zuordnung anhand der Zeiten ermöglicht.

Kodierregeln

1. Lernunterstützende Maßnahme durch die Lehrperson: *Markierung zu Beginn der Maßnahme*
2. Ausbleiben einer notwendigen lernunterstützenden Maßnahme durch die Lehrperson: *Markierung zu Beginn der entsprechenden Schüleraussage*

Die Festlegung der Regeln ermöglicht unter anderem, dass durch die Zuordnung der Zeiten nun die unterschiedlichen Wahrnehmungen in gleichen Situationen erfasst werden können. Nimmt ein Kodierer beispielsweise eine lernunterstützende Maßnahme wahr und ein anderer Kodierer ist der Meinung, dass eine lernunterstützende Maßnahme notwendig wäre, aber nicht erfolgte, so sind durch die oben genannten Regeln die Zeiten der beiden Kodierer in dieser Situation nicht identisch und es lässt sich durch die variierenden Zeiten ein Unterschied erkennen.

Algorithmus

Der so ermöglichte Vergleich ist zeitaufwändig. Daher wurde ein Code mit der Software R entwickelt, der einen automatischen Vergleich innerhalb eines Toleranzbereichs von zwei Sekunden ermöglicht. Dadurch können Übereinstimmungen sehr schnell und zuverlässig ermittelt werden. Sobald eine Übereinstimmung innerhalb dieses Toleranzbereichs ermittelt wird, werden die jeweiligen Kodierungen derselben Situation zugeschrieben. Die verglichenen Kodierungen werden anschließend grafisch und tabellarisch ausgegeben. Die grafische Darstellung ermöglicht einen schnellen Überblick hinsichtlich der Übereinstimmungen, durch die tabellarische Ausgabe ist ein schnelles Weiterarbeiten mit den verglichenen Daten möglich.

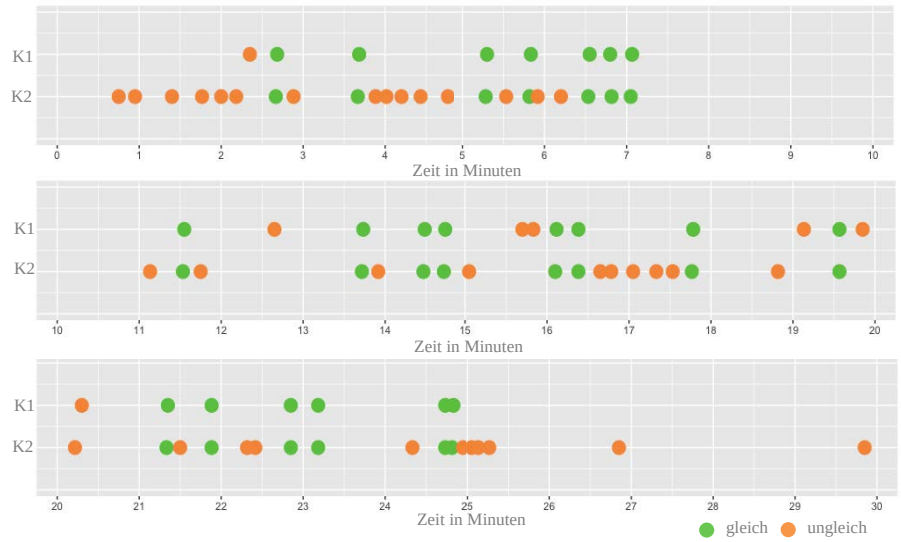


Abb. 1: Beispiel graphische Ausgabe der Zuordnungen

Zeit gleich Kodierer 1	**Text gleich Kodierer 1**	**Zeit gleich Kodierer 2**	**Text gleich Kodierer 2**	**Zeit ungleich Kodierer 2**	**Text ungleich Kodierer 1**	**Zeit ungleich Kodierer 2**	**Text ungleich Kodierer 2**
00:16:02	Die Lehrperson (LP) möchte durch die Frage einen Zusammen-hang zwischen Modellen und der Chemie herstellen.	00:16:01	Die LP fragt nach dem Zusammen-hang zwischen Modellen allgemein und der Chemie.	0:12:34	Der Vorschlag des Schülers wurde durch ein Beispiel widerlegt.	00:17:18	Die LP nennt die Vorteile von Modellen: besseres Veranschau-lichen und Erklären

Tabelle 1: Ausschnitt einer beispielhaften Ausgabe der verglichenen Kodierungen

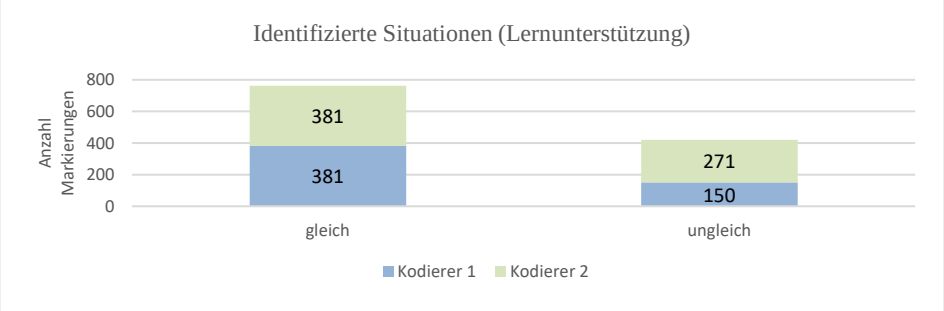
Validierung – erste Ergebnisse

Für die ersten Ergebnisse der Validierung wurden $N = 1183$ Markierungen inhaltlich analysiert, wobei $n_{K1} = 531$ von Kodierer 1 und $n_{K2} = 652$ von Kodierer 2 sind. Es wurden *393* Markierungen durch den Algorithmus als gleich zugeordnet. Die inhaltliche Analyse ergab, dass es sich bei *12* dieser Zuordnungen nicht um dieselbe Situation handelte, diese also fehlerhaft zugeordnet wurden. Das entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von *3,1 %.* Auch wenn eine solche Irrtumswahrscheinlichkeit durchaus akzeptabel ist, wurde eine Möglichkeit gesucht, diese zu senken. Dazu mussten zunächst die Ursachen für die fehlerhaften Zuordnungen identifiziert werden. Die Analyse der fehlerhaften Zuordnungen ergab, dass einige Situationen sehr kurz sind und daher zwei verschiedene Situationen zeitlich sehr nah zusammen liegen, sodass der Toleranzbereich eine fehlerhafte Zuordnung bedingt. Verkleinert man den Toleranzbereich allerdings, werden viele gleiche Situationen nicht mehr einander zugeordnet, weshalb der Toleranzbereich nicht verändert wurde. Ein weiterer Grund für fehlerhafte Zuordnungen ist, dass einer Markierung des einen Kodierer manchmal zwei Markierungen des anderen Kodierers zugeordnet werden, wobei nur eine dieser Zuordnungen korrekt sein kann. Hat beispielsweise Kodierer 1 eine Markierung bei fünf Sekunden und Kodierer 2 jeweils bei drei und sieben Sekunden, werden beide Markierungen von Kodierer 2 aufgrund des Toleranzbereichs von zwei Sekunden der Markierung von Kodierer 1 zugeordnet. Um dieses Problem zu minimieren, wurden zusätzlich Warnmeldungen programmiert, die darauf aufmerksam machen, welche Markierungen mehrfach zugeordnet wurden, und um wie viele Mehrfachzuordnungen es sich handelt.

Von den 12 fehlerhaften Zuordnungen waren vier durch Mehrfachzuordnungen verursacht, sodass letztendlich acht fehlerhafte Zuordnungen resultierten. Das entspricht einer Irrtumswahrscheinlichkeit von nur noch *2,0 %*.

Ergebnisse Intercoderübereinstimmung

Von den *N=1183* Markierungen wurden je *381* Markierungen als gleich identifiziert, Kodierer 1 hatte zusätzlich *150* Markierungen, Kodierer 2 hatte *271* weitere Markierungen gesetzt.



Der resultierende Holsti-Koeffizient ist mit *.644* als akzeptabel zu bewerten, da die Videos nur einmal angeschaut wurden und somit die Wahrnehmung erfasst wurde. Der Holsti-Koeffizient variiert minimal zwischen beiden oben vorgestellten Auswertungsalternativen: mit fehlerhaften Zuordnungen *.664*, mit fehlerhaften Zuordnungen und Berücksichtigung der Mehrfachzuordnungen *.651*.

Ausblick

Um eine genauere Aussage über die Irrtumswahrscheinlichkeit des Algorithmus zu treffen, werden weitere Kodierungen inhaltlich analysiert. Des Weiteren wird eine Shiny-App entwickelt, die die Nutzung des Algorithmus auch anderen Wissenschaftler*innen ermöglichen soll. Mit Hilfe des Auswertungssystems lassen sich leicht vergleichbare Zahlenwerte generieren. Damit können beispielsweise Auswirkungen in der Rater-Übereinstimmung durch wiederholtes Anschauen oder Training quantifiziert werden.

Literaturverzeichnis

Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 1 Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit (Bd. 2, S. 271–315). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. Psychologie des Unterrichts und der Schule, 3, 177–212.

Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin.

Goodwin, C. (1994). Professional Vision. American Anthropologist, 96, 606–633.

Helmke, A. (2014). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts : Franz Emanuel Weinert gewidmet (Schule weiterentwickeln, Unterricht verbessern Orientierungsband, 5. Auflage). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (2007). Inszenierungsmuster, kognitive Aktivierung und Leistung im Mathematikunterricht. Analysen aus der schweizerisch-deutschen Videostudie. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn & R. Watermann (Hrsg.), Professionell lehren, erfolgreich lernen (S. 109–121). Münster: Waxmann.

Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten–am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht, 93, 108.

Kahlert, J. (2002). Der Sachunterricht und seine Didaktik (UTB Schulpädagogik, Pädagogik, Bd. 3274). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Kleickmann, T. (2012). Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: IPN Leibniz-Institut fd Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.

Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2004). COACTIV. Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In S. Krauss, M. Kunter, M. Brunner, J. Baumert, W. Blum, M. Neubrand et al. (Hrsg.), COACTIV. Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. Münster: Waxmann.

Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV, 85–113.

Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In Pädagogische Psychologie (S. 73–101). Springer.

Programme for international student assesment. (2016). PISA 2015 Ergegnisse – Ländernotiz Deutschland.

Sherin, M. G., Jacobs, V. R. & Philipp, R. A. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes (Studies in mathematical thinking and learning, S. 3–13). New York: Routledge.

Stern, E. & Hardy, I. (2005). Anspruchsvolle Lernaufgaben. In Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik (S. 396–402). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Zielinski, W. (1998). Lernschwierigkeiten. Ursachen, Diagnostik, Intervention (Kohlhammer-Standards Psychologie, 3. Aufl.). Heidelberg. Stuttgart: Kohlhammer.

David Woitkowski Universität Paderborn

Ressourcen zur Problemlösung: Problemschemata

Einleitung

Mit Sternberg (1995) können Forschungsarbeiten zum Problemlösen grob in zwei Richtungen unterteilt werden. Die „europäische“ Richtung interessiert sich vor allem für „komplexe“ Probleme, die ihren Reiz aus der vernetzten Dynamik der Problemsituationen beziehen. Die „amerikanische“ Richtung, die sog. Expertiseforschung, interessiert sich stärker für stark an eine Domäne gekoppelte, „wissenszentrierte“ Probleme (Friege, 2001), für die Kenntnis und Routine in ebendieser Domäne erforderlich sind.

Im Forschungsprojekt KEMΦ (Woitkowski, 2018) wird u. a. die Problemlösefähigkeit von Studienanfängern der Physik untersucht. Hier erscheint die Situation des Lösens von Übungszettel als zentrale Herausforderung aber auch Lerngelegenheit im Physikstudium. Die dort präsentierten Aufgaben können als wissenszentrierte Probleme z. B. in der Definition von Smith (1991) aufgefasst werden, da ihre Lösung die Kenntnis der Domäne erfordert und nicht durch einfache Reproduktion möglich ist. Eine Unterscheidung zwischen „Problemen“ und „Aufgaben“ wie in älteren Arbeiten sieht Smith nicht vor. Diese wäre hier auch kaum sinnvoll, da dieselben Aufgabenstellungen, die Studierende ernsthaft herausfordern, für Dozenten mitunter nur „Fingerübungen“ sein können.

Problemschemata

Die Expertiseforschung hat bereits seit den 70er Jahren vielfältige Experten-Novizen-Vergleiche angestellt, die Auskunft über die effektive und routinierte Lösung solcher wissenszentrierter Probleme in der Physik geben. So suchen Novizen oft unstrukturiert Einzelfakten zusammen (Schultz & Lochhead, 1991), während Experten häufig einen *intuitiven* Zugang zur Lösung finden (Larkin, 1983), bei dem die Phasen der Problemrepräsentation und des Finden eines Ansatzes schnell aufeinanderfolgen oder sogar zusammenfallen (Simon & Simon, 1978). Novizen nutzen eher Plug-and-Chuck verfahren, Experten gehen den Weg über kaskadierende, schrittweise verfeinerte und angepasste Modelle (Nersessian, 1995; Wilcox et al., 2013). In Sortieraufgaben betonen Novizen Oberflächenstrukturen (welche Objekte kommen in der Aufgabe vor) während Experten Tiefenstrukturen (welcher Mechanismus liegt dem Problem zugrunde) heranziehen (Chi et al., 1982).

Diese Befunde, insbesondere die Routine des Experten, führen Reinhold, Friege und Lind (1999) auf eine kognitive Ressource namens Problemschemata zurück, die neben dem vernetzten und hierarchisierten Fachwissen zur Problemlösung herangezogen werden (Abb. 1). Brandenburger (2016) leitet diesen Begriff von einem allgemeinen psychologischen Schemabegriff her: Es handelt sich also um eine Vereinfachung des konkreten Problems, die Abstraktion von Oberflächenmerkmalen und die Betonung der Tiefenstruktur des Problems.

Um funktional bei der Problemlösung, konkret beim Finden eines Lösungsansatzes, nützlich zu sein, müssen Problemschemata aus mindestens zwei Komponenten bestehen: Einerseits aus einem hinreichend konkreten Lösungsansatz, der vom Problemlöser effizient abgerufen werden kann. Es ist plausibel anzunehmen, dass es sich hier um weiter prozeduralisiertes Wissen handelt. Andererseits ist auch eine Heuristik nötig, die Auskunft darüber gibt, bei welchen Problemen ebendieser Lösungsansatz nutzbar ist und bei welchen nicht. Dieser kann am ehesten als ein Repertoire an Problemklassen gedacht werden, die jeweils eine Gruppe funktional ähnlicher und mit ähnlichem Ansatz lösbaren Problemlösungen besteht. Eine Nutzung der Heuristik kann dann als Einordnung des vorliegenden Problems in die vorliegenden Klassen gesehen werden. Dieser Prozess basiert als Ressource also auf einer großen Anzahl bekannter Beispielprobleme (Reinhold, Lind & Friege, 1999).

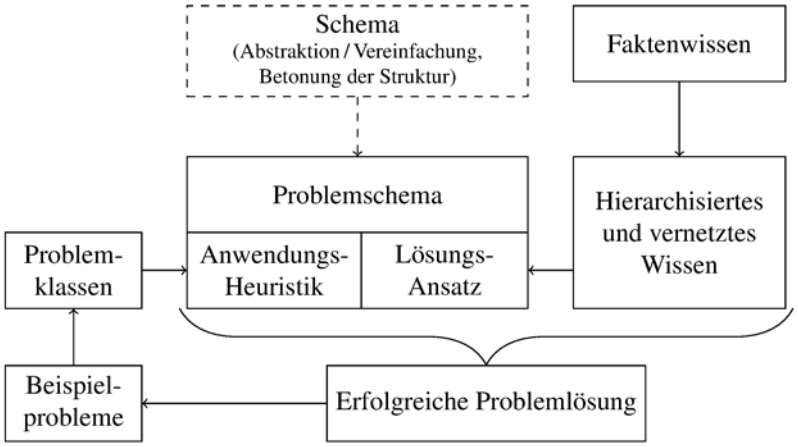


Abb. 1: Genese von Problemschemata (basierend auf Friege, 2001; Kolodner, 1983).

Empirische Hinweise

Im Rahmen der Erhebungen mit dem KEMΦ-Problemlösetest (Woitkowski, 2019) wurden Studierenden zu drei Testzeitpunkten im ersten Studienjahr „Übungs-Aufgaben" zur Lösung vorgelegt. Im Folgenden wird aus anschließend geführten Interviews berichtet. Alle Exzerpte stammen vom 3. Testzeitpunkt. Die dort zu bearbeitenden Aufgaben sind mit einem Problemschema lösbar, bei dem zwei oder drei signifikante Punkte in einem Bewegungsablauf identifiziert werden und für diese Impuls- oder Energiegleichungen aufgestellt werden müssen. Diese Gleichungen müssen dann mithilfe der bekannten Erhaltungssätze so umgeformt werden, dass die Aufgabe gelöst wird. Der Verlauf zwischen den zu identifizierenden Punkten braucht für die Lösung hingegen nicht betrachtet werden. Die folgenden Beispiele illustrieren drei prototypische Ausprägungen dieses Schemas.

Proband 1: UHI30

I: Worum ging es auf dem Zettel insgesamt?
P: Ich würde sagen, Energie und Impulserhaltung und Stöße bzw. vollkommen inelastische Stöße.
I: Kannst du versuchen, einigermaßen genau zu beschreiben, worum es in den vier Aufgaben jeweils ging?
P: [Beschreibt die Aufgaben mit mäßiger Detailtiefe.]
I: Würdest du sagen, dass bei der Aufgabenlösung irgendetwas immer wieder vorkommt?
P: Also es kam eigentlich immer wieder vor, dass man eine Formel nach seiner gesuchten Variable umstellen musste und dann einfach sich nur im Klaren sein musste, welche Situation vorliegt, und die dann so für sich umstellen, dass man dann ... ok, ich habe die Sachen gegeben und das habe ich gesucht, und wenn dann noch weitere unbekannte Variablen waren, musste man sich überlegen, was ist noch Weiteres gegeben, was ich benutzen kann.

Der Proband beschreibt als einzige Gemeinsamkeit ein Plug-and-Chuck-Vorgehen. Ihm war es nicht möglich, dieses für eine eigenständige korrekte Lösung der Aufgaben zu nutzen. Insgesamt ist hier kein Element des gefragten Problemschemas sichtbar.

Proband 2: NRD02

I: Worum ging es auf dem Zettel insgesamt?
P: Ja, also die Aufgaben waren eigentlich zum Thema Energieerhaltung und Impulserhal-

tung. Also mit den zwei Prinzipen konnte man eigentlich die ganzen, alle vier Aufgaben lösen, weil dann musste man noch … [Nennt weitere relevante Wissensbestandteile.]

I: Kannst du versuchen, irgendwie noch genauer zu sagen ... Gibt es irgendwie ein gemeinsames Vorgehen bei der Lösung der Aufgaben oder so?

P: Ja, man musste sich immer angucken ... Also es ging ja um Bewegungen und man musste sich dann die Punkte raussuchen, an denen man eben Formeln für die Gesamtenergie oder den Gesamtimpuls aufstellen konnte. Das heißt, wenn diese Kugel durch den Looping rollt, hilft es nicht sich einen Punkt anzugucken, kurz nachdem ich sie losgelassen habe, sondern ich muss halt gucken, wann lasse ich sie los, also wann hat die Kugel noch keine kinetische Energie. Und dann der andere signifikante Punkt war dann, wo die Kugel eben oben im Looping ist, da kann ich dann auch wieder ... da habe ich dann auch wieder die Höhe gegeben, also die Höhenenergie, und ich kann, ich weiß, wie schnell muss sie denn sein, damit die Gewichtskraft ausgeglichen wird.

Dieser Proband expliziert das Schema bis in Details der Anwendung. Es gelingt ihm, es für die erfolgreiche Lösung aller vier Aufgaben zu nutzen und zeigt dabei deutliche Zeichen von Intuition. Hier sind also beide Komponenten des Problemschemas sichtbar.

Proband 3: NBR16

I: Worum ging es auf dem Zettel insgesamt?

P: Ja, ich glaube, also um die Konzepte glaube ich, ja. Ich glaube im ersten ging es auf jeden Fall um einen unelastischen Stoß. Es ging, glaube ich, um Güterwagons, … [Beschreibt die vier Aufgaben in großer Detailtiefe.]

I: Würdest du sagen, dass ... also, waren die Aufgaben irgendwie unterschiedlich oder waren die alle gleich oder …

P: Also ziemlich ähnlich war natürlich der unelastische Stoß von der Kugel, die den Holzblock getroffen hat, und den Güterwagons und das andere war der Looping und, ja, das hat nicht mehr ganz viel miteinander zu tun.

I: Wodrin besteht die Ähnlichkeit zwischen den Güterwagons und dem Holzklotz?

P: Ja die Kugel, ich musste ja, um die Verformungsarbeit zu bestimmen, musste ich den ... Beim unelastischen Stoß, da bleibt ja der Impuls erhalten, aber nicht die Energie, also bzw. die geht halt in Verformungsenergie, dann habe ich damit die Verformungsenergie bestimmt und da war schon so eine gewisse Parallele dann.

Dieser Proband kann zwar den Lösungsansatz bei zwei Aufgaben erfolgreich anwenden, erkennt aber nicht, dass auch die anderen beiden Aufgaben so ähnlich lösbar sind. Auf Nachfrage nennt er als weitere Ähnlichkeit ein Plug-and-Chuck-Verfahren ähnlich wie UHI30. Die Heuristik scheint hier also nicht weit genug ausgereift zu sein, um bei allen gestellten Aufgaben zu greifen.

Zusammenfassung

Im gegenwärtigen Datensatz von 11 Probanden zeigt etwa die Hälfte keine Anzeichen für die Verfügbarkeit von Problemschemata, ein weiteres Viertel beherrscht die Ansätze ohne voll ausgebildete Heuristik, lediglich ein Viertel zeigt ein vollständiges Problemschema.

Es stellt sich damit die Frage, warum nach dem ersten Studienjahr dieses (für die Mechanik eigentlich grundlegende) Schema so häufig noch nicht sicher beherrscht wird, zumal sich für die Schemata der anderen Testzeitpunkte ähnliche Befunde zeigen. In Lehrveranstaltungen (wie den universitären Übungen, aus denen ja auch die eingesetzten Probleme entnommen sind) scheinen diese Schemata nicht ausreichend entwickelt zu werden.

Aktuell wird in Paderborn eine Veränderung der Studieneingangsphase angebahnt (Bauer et al., 2019), bei der in Präsenzübungen, die Charakteristika relevanter Lösungsansätze und Kriterien für deren Anwendbarkeit deutlicher thematisiert werden sollen. Mit dem auch hier genutzten Testinstrument kann der Erfolg dieser Intervention überprüft werden.

Literatur

Bauer, A., Lahme, S., Woitkowski, D., Vogelsang, C., Reinhold, P. (2019). Die Paderborner Studieneingangsphase Physik. Ein multiperspektivisches Entwicklungs- und Forschungsprogramm. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen.*

Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden*. Berlin: Logos.

Chi, M. T. H., Glaser, R. & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos.

Kolodner, J. L. (1983). Toward an understanding of the role of experience in the evolution from novice to expert. *International Journal of Man-Machine Studies, 19*, 497-518.

Larkin, J. H. (1983). The Role of Problem Representation in Physics. In D. Gentner & A. L. Stevens (Hrsg.), *Mental Models* (S. 75–98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Nersessian, N. J. (1995). Should physicists preach what they practice?: Constructive Modeling in Doing and Learning Physics. Science & Education, 4(3), 203-226.

Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5*(1), 41-62.

Schultz, K. & Lochhead, J. (1991). A View from Physics. In M. U. Smith (Hrsg.), *Toward a unified Theory of Problem Solving. Views from the Content Domains*. (S. 99–114). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Simon, D. P. & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. Siegler (Hrsg.), *Children's thinking. What develops?* (S. 325–348). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Smith, M. U. (1991). A View from Biology. In M. U. Smith (Hrsg.), *Toward a unified Theory of Problem Solving. Views from the Content Domains*. (S. 1–19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Sternberg, R. J. (1995). Expertise in Complex Problem Solving: A Comparison of Alternative Conceptions. In P. A. Frensch & J. Funke (Hrsg.), *Complex Problem Solving. The European Perspective* (298-322). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Wilcox, B. R., Caballero, M. D., Rehn, D. A. & Pollock, S. J. (2013). Analytic framework for students' use of mathematics in upper-division physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 9*(2).

Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg*, 125-131.

Woitkowski, D. (2019). Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium: Vorstellung eines Erhebungsverfahrens. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 492–495). Regensburg: Universität Regensburg.

Amany Annaggar Humboldt Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

A video game as an assessment tool of problem-solving competence

Motivation:
Problem-solving (PS) is one of the most important skills in chemistry education. The structure of scientific problem-solving consists of four empirically-distinct processes or dimensions: understanding and characterisation, representation, solving the problem, and reflection and communication (Wüstenberg, Greiff, & Funke, 2008; Scherer & Tiemann, 2014). Consequently, the assessment of PS in educational settings should occur in environments capable of systematically handling different processes (dimensions) as opposed to individual tasks that demand only one specific cognitive action. Therefore, virtual micro-worlds or simulations are especially appropriate for assessing PS competence (Leutner, 2002; Scherer, Patzwaldt, & Tiemann, 2012; Wirth & Klieme, 2003). It has been shown that computer games can help educators determine not only students' current levels of problem-solving, but also students' strengths and weaknesses in a particular phase of problem-solving (Shute et al., 2016). In addition, implementing gamification elements in the game has a potentially positive impact on student motivation (Alsawaier, 2018; Hamari & Koivisto, 2015). Building on the gamification approach, the research idea specifically showcased the design of a video-game, based on the four scales of the problem-solving model (Koppelt & Tiemann, 2008), with three levels of proficiency to investigate if this new application form is valid, not only for motivating and engaging students but also to assess the students' performance in problem-solving competence in chemistry education.

Theoretical background
Problem-solving is defined as, "an individual's capacity to engage in cognitive processing to understand and resolve problem situations where a method of solution is not immediately obvious. It includes the willingness to engage with such situations in order to achieve one's potential as a constructive and reflective citizen. (OECD, 2003, p. 156)
To solve chemistry problems, students have to follow scientific steps or a scientific model, for instance, the competence model with four phases (Koppelt & Tiemann, 2008; OECD, 2013; Scherer & Tiemann, 2014): 1) understanding and characterising the problem (PUC), 2) representing the problem (PR), 3) solving the problem (PS), and 4) reflecting and communicating the solution (SRC). The problem-solving competency is necessary along with the in-class communication between pupils and elevated motivation (Jonassen & Kwon, 2001). Therefore, it is important for educators and teachers to assess students according to their problem-solving competence. Assessing means collecting and analyzing student's data regarding their understanding or their performance (Shute & Wang, 2009). Paper-pencil is one of the assessment tools for superficial skills. Therefore, the focus goes toward computer-based assessment, since it allows students to interact with the system. MicroDYN is one example of a computer-based problem-solving assessment which is a linear structural equation. Another example is the "Use your brain" assessment tool for PS in mathematics. Researchers argue that well-designed video games are a successful educational and assessment tool for problem-solving competence (Shute et al., 2016). It has been shown that computer games can help educators determine not only students' current levels of problem-solving, but also students' strengths and weaknesses in a particular phase of problem-solving (Shute et al., 2016). The gamification concept came from games, and refers to "the process of adding game mechanics to processes, programs, and platforms that would traditionally not use such concepts" (Swan, 2012, p. 13). There are two types of gamification: structural and content gamification. The choice of the most suitable form of gamification depends on the cost, required time and the type of content that the instructor wants to offer to learners (Pastor Pina, Satorre Cuerda, Molina-Carmona, Gallego-Durán, & Llorens Largo, 2015). Structural gamification is an application of game elements to the environment of any activity without the alteration of the content. Content gamification is the application of game elements and game thinking to modify the content. This modification makes the content more game-like but does not turn the

content into a game. It simply provides context or activities which are used within games and adds them to the content being taught. In this case, to gamify is equivalent to addressing a problem like a game designer, using all resources you can muster to create an engaging experience that motivates desired behaviours (Werbach & Hunter, 2012). Game elements are the main part of the interaction between the game and game players; they affect the playability of a game directly (Dubey, Chavan, & Patil, 2016). It includes three attributes: Dynamics, Mechanics, and Component. Werbach and Hunter (2012) have created a model of the game elements and components in the form of a pyramid, as shown in Figure 1, which was chosen for this research because it covers the abstract levels of the dynamics and mechanics elements and also the components. In the game elements model (Figure 1), the highest level of thinking is Dynamics, then the Mechanics come as the second level and the Components are the third and final level. The highest level directs the lowest level and many of the components of the lower level can be used to achieve the goal of a higher level. The game design must always start from the highest level, making a clear decision on what the basic dynamics of the game will follow. Then, the Mechanics are decided based on the chosen Dynamics elements and how they fit together in the game concept. Finally, the game components can be chosen based on the Dynamics and the Mechanics elements. It is not required to use all the elements and components of the game, but it is important to think about the core things that make the game achieve its goal and lead to the fun (Werbach & Hunter, 2012). In order to design an educational video game as an assessment tool of problem-solving competence, it required applying the problem-solving model in a game design model following the gamification approach. This highlighted the need to address the research question:

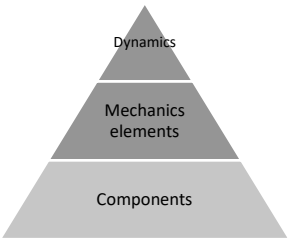


Figure 1. Game elements (Werbach & Hunter, 2012)

How should be a video game be designed on the principles of gamification to assess problem-solving competence in the domain of chemistry?

Design and development the game

To answer the research question, the design science research methodology (DSRM) was followed. DSRM helps to design and validate a new artefact. In this research, the artefact is the "ALCHEMIST" game that should assess the problem-solving competence in chemistry education. To design and develop the game, the model created by Zin, Jaffar & Yue (2009) was adopted to develop the game with gamification elements as an assessment tool. The design and development went through five phases (see Annaggar & Tiemann, 2019).

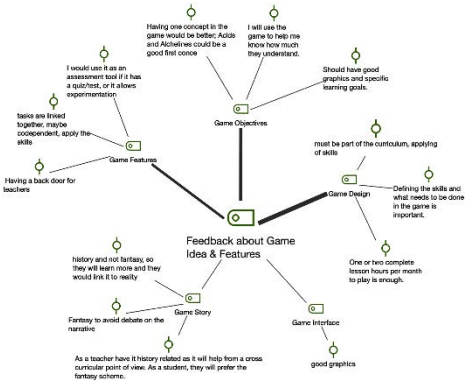


Figure 2. Code-Subcodes-Model" about teachers' feedback to the initial idea of a video game for learning science

In the analysis phase, as a starting point, nineteen pupils and seven experienced teachers were interviewed as future users of the game, to understand their needs and to focus on the game design idea. The results helped to design the game according to their needs as shown in Figure 2.

In the design and development phases, we were keen to follow and implement a problem-solving competency model using different

game elements. The assessment of the problem-solving competence is done through the provided tasks, multiple-choice questions, open-end questions, and problem-solving questions with three levels of proficiency (Figure 3). The quality assurance was done by four chemistry education researchers to check the game content and the development errors. Lastly, the evaluation is done by three 9th grade students to make sure that the game is working and that it is easy to use by students.

Figure 3. Screenshot of ALCHEMIST

To validate the design, a quantitative study was conducted with students using the ALCHEMIST game and MicroDYN to see if there is a correlation between the results from both tools.

Validation study

In this study, we tested the correlation between the ALCHEMIST game and MicroDYN. The purpose of this study was to validate the ALCHEMIST game and explore its effect on students' content knowledge. The study utilised quantitative data obtained from the pre-test, the ALCHEMIST game scores, MicroDYN results and the post-content knowledge test (Figure 4).

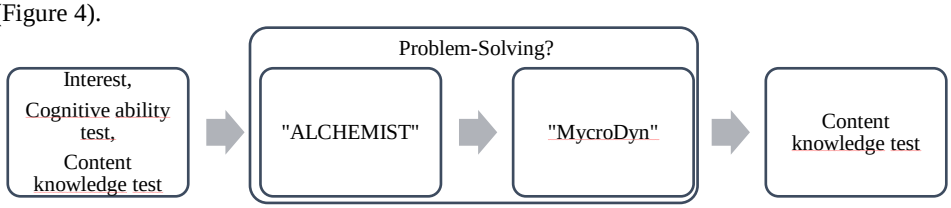


Figure 4. Validation study design

The study was conducted in three 8th grade classes with 75 students. The pre-test measured students' interest (seven items of PISA scale 2006), cognitive skills (25 KFT test items) and their prior content knowledge (nine multiple-choice questions and one fill-in-the-blank question). The ALCHEMIST and MicroDYN were administered to assess the PS competence. Lastly, the post-content knowledge test was applied to explore if the students learn content after the gameplay.

Results

To establish convergent validity, we tested the correlations among the ALCHEMIST scores and the scores from MicroDYN. The results showed that the ALCHEMIST game is significantly positive fair correlated with MicroDYN ($0.21<r<0.4$). Thus, ALCHEMIST appears to be valid as an assessment tool of problem-solving competence.

We also found that there is a significant difference between students' scores of the content knowledge test before and after playing ALCHEMIST as shown in (Figure. 5). Thus, ALCHEMIST can be used as an eLearning tool for chemistry context.

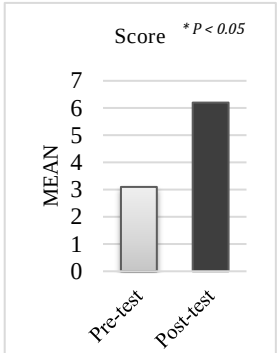


Figure 5. Pre and post test results

Acknowledgment

The authors thank the AK Tiemann and Dr. Zehl for their help with the design and development of ALCHEMIST. They also thank Prof. Dr. Priemer who collected the data in the UniLab Adlersof.

References

Alsawaier, R. (2018). The effect of gamification on motivation and engagement. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 56--79.

Annaggar, A., & Tiemann, R. (2019). Design and Development of a Video Game to Assess Problem-Solving Competence in Chemistry Education. *ChemRxiv. doi:10.26434/chemrxiv.9725450.v1*.

Dubey, M., Chavan, V., & Patil, D. (2016). A Conceptual study of Selected Companies using Gamification for Employee training & development as Engagement Approach. *{Amity Global HRM Review*.

Hamari, J., & Koivisto, J. (2015). Why do people use gamification services? *International Journal of Information Management*, 419--431.

Jonassen, D., & Kwon, H. (2001). Communication patterns in computer mediated versus face-to-face group problem solving. *Educational technology research and development*, 35.

Koppelt, J., & Tiemann, R. (2008). Koppelt, J., & Tiemann, R. (2008). Modellierung dynamischer Probleme Kompetenz im Chemieunterricht. Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung (Gesellschaft f{\"u}r Didaktik der Chemie und Physik*, 362-364.

Leutner, D. (2002). The fuzzy relationship of intelligence and problem solving in computer simulations. *Computers in Human Behavior*, 685-697.

OECD. (2003). The PISA 2003 assessment framework: Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills. *Retrieved from http://www.oecd.org/edu/preschoolandschool/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf*.

OECD. (2013). Pisa 2015 Draft Collaborative Problem Solving Framework . *OECD (March 2013)*.

Pastor Pina, H., Satorre Cuerda, R., Molina-Carmona, R., Gallego-Durán,, F., & Llorens Largo, F. (2015). an Moodle be used for structural gamification? *International Association of Technology, Education and Development (IATED)*.

Scherer, R., & Tiemann, R. (2014). Measuring students' progressions in scientific problem solving: A psychometric approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,*, 87 - 96.

Scherer, R., & Tiemann, R. (2014). The Development of Scientific Strategy Knowledge Across Grades: A Psychometric Approach. *SAGE Open*, 2158244014522076.

Scherer, R., Patzwaldt, K., & Tiemann, R. (2012). Covariates of complex problem solving competency in chemistry.

Shute, V., & Wang, L. (2009). Assessing and Supporting Hard-to-Measure Constructs in Video Games. *The Wiley Handbook of Cognition and Assessment: Frameworks, Methodologies, and Applications*, 535--562.

Shute, V., Wang, L., Greiff, S., Zhao, W., & Moore, G. (2016). Measuring problem solving skills via stealth assessment in an engaging video game. *Computers in Human Behavior*, 106-117.

Swan, C. (2012). Gamification: A new way to shape behavior. *Communication World*, 13-14.

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business.* Wharton Digital Press.

Wirth, J., & Klieme, E. (2003). Computer-based assessment of problem solving competence. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 329 - 345.

Wüstenberg, S., Greiff, S., & Funke, J. (2008). Complex problem solving—More than reasoning? *Intelligence*, 1-14.

Zin, N., Jaafar, A., & Yue, W. (2009). Zin, N. A. M., Jaafar, A., & Yue, W. S. (2009). Digital game-based learning (DGBL) model and development methodology for teaching history. *WSEAS transactions on computers,*, 322-333.

Kurt Haim
Wolfgang Aschauer
Christoph Weber

Pädagogische Hochschule OÖ

Diagnose divergenter Denkstrategien bei naturwiss. Problemstellungen

Theoretischer Hintergrund

Problemlösen kann als zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen definiert werden, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind (Klieme et al., 2001). Problemlösen erfolgt also, wenn ein unerwünschter Ausgangszustand in einen erwünschten Endzustand transformiert werden soll, diese Transformation jedoch durch Barrieren behindert wird (OECD, 2013). Problemlösen ist daher ein komplexer Prozess, bei dem Faktoren wie Persönlichkeit, Motivation Umfeld und divergente Denkstrategien eine Rolle spielen (Meador, 1997).

Divergentes Denken (DT für „Divergent Thinking“) beinhaltet kognitive Prozesse, die über das Wechseln von Perspektiven zum Finden mehrerer Antworten auf offene Fragen oder Probleme führt (Kaufman et al., 2008). Mithilfe DT können bei Problemstellungen verschiedenste potenzielle Lösungen abgeleitet werden, was statistisch gesehen eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Problemlösung nahelegt (Kaufman et al., 2008). Daher stellt divergentes Denken in diesem Zusammenhang einen besonders wichtigen Indikator für kreatives Problemlösepotential dar (Runco & Agar, 2012).

In der Literatur werden häufig drei Aspekte divergenten Denkens erwähnt: Fluidität, Flexibilität und Originalität. Fluidität ist die Anzahl der Antworten auf ein bestimmtes Problem. Flexibilität ist die Anzahl der Kategorien aus denen die Ideen stammen und Originalität ist die Einzigartigkeit einer genannten Lösung (Runco, 1999).

Viele Testverfahren für DT untersuchen vor allem Fluidität und Flexibilität (Runco & Acar, 2012). Der international am meisten verwendete Test für divergentes Denken ist der Torrance Test (Torrance, 1966). Er beinhaltet figurale Aufgaben, wie die Konstruktion von Bildern als auch verbale Aufgaben, bei denen nach Konsequenzen, Verwendungen, etc. gefragt wird. International kommt auch der „Divergent Thinking-Test“ von Runco (Chand & Runco, 1993) zum Einsatz. Hier findet man Aufgaben, in denen viele Verwendungen von bestimmten Gegenständen gefragt sind („Many Uses“) sowie Aufgaben, in denen unterschiedlichste Lösungen von Alltagsproblemen zu generieren sind („Realistic Problems“).

So valide diese Tests auch sind, weisen sie aus Sicht der Autoren auch Defizite auf. So erfolgt die Auswertung aller Antworten oft mit einem allgemeinen Kategoriensystem, was die Auswertung für die jeweiligen Items oft erheblich erschwert. Für viele Items fehlt oft ein Kategoriensystem, was eine Bewertung hinsichtlich Flexibilität unmöglich macht. Weiters findet man in den oben genannten Tests selten Items mit einer klaren Domänenspezifität hinsichtlich naturwissenschaftlicher Probleme.

Für die Erhebung divergenten Denkens bei naturwissenschaftlichen Problemstellungen entwickelten daher die Autoren ein eigenes Diagnoseinstrument, den ADTS-Test (Assesment of Divergent Thinking in Science). Der ADTS-Test enthält 6 Items mit naturwissenschaftlichem Fokus samt Kategoriensystem für jedes einzelne Item. Dieser Test ist als Online-Test konzipiert und sieht eine Bearbeitungszeit von 3 Minuten pro Item vor. Für die Auswertung, die durch zwei Rater erfolgte, wurden Fluidität und Flexibilität erhoben und daraus der Kreativitätsquotient (CQ) berechnet (Snyder et al., 2004):

$$CQ = {}^{2}\log\{(1+u_1)\cdot(1+u_2)\cdot \ \dots \ \cdot(1+u_c)\}$$

u_i … Zahl der Nennungen der i-ten Kategorie (i = 1, 2, ….c)

Der CQ liefert eine Maßzahl, in der Fluidität und Flexibilität zusammengefasst werden, wobei die Flexibilität höher gewichtet wird.

Forschungsziele

Zur Förderung des divergenten Denkens bei Jugendlichen entwickelten die Autoren spezielle Unterrichtstechniken für den Chemie-, Physik- und Biologieunterricht, die mit dem Begriff „flex-based learning“ zusammengefasst werden. Um die Wirksamkeit der entwickelten Unterrichtstechniken im Rahmen einer Interventionsstudie messen zu können, wurde hierfür der ADTS entwickelt. Ziel der hier beschriebenen Arbeit ist die Validierung sowie die Reliabilitätsprüfung des ADTS.

Forschungsdesign

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 1103 Schülerinnen und Schüler getestet. Die Probanden stammten aus 51 Klassen aus 35 österreichischen Schulen. Im September 2018 erfolgte ein Prätest. Dieser beinhaltete 4 Items des ADTS und 3 Items des Runco-Tests, wobei die Probanden randomisiert entweder 3 Items des Subtests *Many Uses* (MU) oder 3 Items *Realistic Problems* (RP) erhielten.

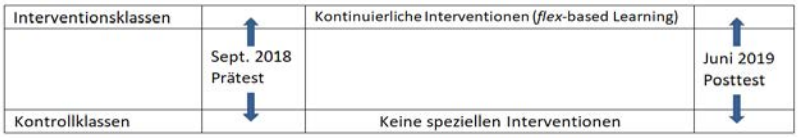


Abb. 1: Grafische Darstellung des Forschungsdesigns

In den Kontrollklassen (318 Probanden) wurde im gesamten Schuljahr keine spezielle Intervention durchgeführt. In den Interventionsklassen (785 Probenden) wurden kontinuierlich während des gesamten Schuljahrs Unterrichtstechniken des *flex*-based learnings eingesetzt. Die mittlere Anzahl an Interventionen betrug dabei 10. Im Juni 2019 (Posttest) wurden alle Schülerinnen und Schüler nochmals getestet. Dabei wurden nur Items des ADTS verwendet, wobei drei Items vom Prätest und zwei neue Items zum Einsatz kamen.

Ergebnisse

Die Interrater-Reliabilität wurde sowohl auf Ebene des Kategoriensystems als auch auf Ebene der latenten Variable CQ ermittelt. Für alle Items liegen die entsprechenden Werte in einem sehr zufriedenstellenden Bereich (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Interrater-Reliabilität

Item	1	2	3	4	5	6
Kappa*	0.918	0.890	0.833	0.824	0.886	0.903
ICC**	0.993	0.954	0.975	0.974	0.972	0.984
* Cohen’s Kappa auf Ebene des Kategoriesystems						
** Intra-Klassen-Korrelation (ICC) auf Ebene CQ						

Eine durchgeführte Hauptkomponentenanalyse sowie eine Reliabilitätsanalyse ergaben, dass die ADTS Skala eindimensional und intern konsistent ist. Die Alphawerte für den ersten und zweiten Messzeitpunkt liegen bei 0.782 bzw. 0.822. Die Korrelationen zwischen den einzelnen Items liegen in einem Bereich von 0.43 und 0.63.

Eine konfirmatorische Faktorenanalyse zeigte, dass alle Items signifikant ($p < .001$) und substanziell (Faktorladungen > .63) auf den latenten Faktor DT luden. Weiters kann auf eine akzeptable Passung zwischen dem theoretischen Messmodell und den empirischen Daten geschlossen werden, da alle Fit-Indizes CFI, RMSEA und SRMR sehr zufriedenstellend waren (CFI = .993, RMSEA = .06, SRMR = .015). Einzig die Chi^2 Statistik ist grenzwertig ($Chi^2 = 9.782$, df = 2), wobei dieser auf Grund der Anfälligkeit bei großen Stichproben keine zu große Bedeutung zugewiesen werden soll (vgl. Linder et al., 2019).

Die konvergente Validität des ADTS wurde mithilfe der Items des Runco-Tests erhoben, indem zwei Modelle (1 Faktor bzw. 2 Faktoren) gefittet wurden. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Korrelation zwischen ADTS und Runco-Test, wobei wie erwartet die RP-Skala etwas höher korreliert als die MU-Skala. Trotz dieser Korrelation zeigen die Ergebnisse (siehe Abb. 2), dass das 2 Faktoren Modell besser fittet und der ADTS somit ein konzeptionell anderes Konstrukt abbildet.

	Chi²	*df*	p	Delta Chi² (df = 1)(a)	CFI	RMSEA	SRMR	r
Realistic Problems								
Model 1: 1 Faktor	67,7	14	0		0,989	0,06	0,034	
Model 2: 2 Faktoren	26,34	13	0,015	74,96***	0,997	0,031	0,021	0,876
Many Uses								
Model 1: 1 Faktor	158,688	14	0		0,984	0,098	0,055	
Model 2: 2 Faktoren	23,17	13	0,04	135,52***	0,999	0,027	0,02	0,754

Abb. 2: Auswertung bzgl. konvergenter Validität

Die zeitliche Invarianz des ADTS wurde anhand von drei Modellen (konfigural, metrisch und skalar) geprüft. Die ΔCFI-Werte liegen bei 0.001 für die metrische und bei 0.003 für die skalare Invarianz. Auf Basis dieser ΔCFI-Werte kann das Messmodell bzw. die ADTS-Skala als zeitlich invariant eingestuft werden und ist somit für Interventionsstudien geeignet.

Konditionales Modell	Mittelwert Coeff (SE)	Varianz Coeff (SE)	Kovarianz Coeff (SE)	Intervention Coeff (SE)
Schülerebene (innerhalb von Klassen)				
DT_T1		1,220*** (0,109)		
Delta_DT		1,010*** (0,145)	-0,302** (0,091)	
Klassenebene (zwischen Klassen)				
DT_T1	3,255 (0,219)	0,620*** (0,162)		0,066 (0,258)
Delta_DT	0,165 (0,102)	0,103* (0,045)	-0,046 (0,053)	**0,441*** (0,136)**
Model Fit	*Chi² (df)*	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*
	212,759*** (68)	0,95	0,044	0,040/0,073

Abb. 3: Unterschiede auf Schüler- und Klassenebene und Einfluss der Intervention (Zweiebenen Second Order Latent Difference Modell)

Der Vergleich zwischen Prä- und Posttest zeigt, dass eine statistisch hochsignifikante Steigerung in der divergenten Denkfähigkeit (Delta_DT) auftritt, mit signifikanten Unterschieden auf Schüler- als auch auf Klassenebene. Die Unterschiede auf Klassenebene können dabei auf die Intervention zurückführt werden (siehe Abb. 3).

Diskussion

Zusammenfassend kann der ADTS als valides, reliables, Zeit invariantes und änderungssensitives Instrument zur Messung der domänenspezifischen divergenten Denkfähigkeit im naturwissenschaftlichen Kontext bezeichnet werden. Die hohe Interrater-Reliabilität spricht für das elaborierte Kategoriensystem. Erst dadurch kann neben der Fluidität auch die Flexibilität und somit der CQ bestimmt werden. Für die Validitätsprüfung wurde ein sehr einfaches Modell herangezogen, das Faktoren wie das Fachwissen, Alter und Schultype noch nicht berücksichtigt hat. In weiteren Analysen sollen die genannten Faktoren mit einbezogen und dadurch das theoretische Messmodell ausgebaut werden.

Die im Rahmen der Validierung erhobenen Daten werden in einem nächsten Schritt herangezogen, um den Interventionseffekt von flex-based learning messen zu können. Dabei werden zusätzlich Gendereffekte, Einfluss von Hochbegabung, Problemlösekompetz, etc. analysiert.

Literatur

Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Eds.), Cognitive psychology and instruction. New York: Plenum, 441 – 465

Chand, I. & Runco, M.A. (1993). Problem finding skills as components in the creative process. Personality & Individual Differences, 14, 155-162

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Kaufman, J.; Plucker, J.; Baer, J. (2008) Essentials of Creativity Assesment. Hoboken: Wiley

Klieme, E.; Funke, J.; Leutner, D.; Reimann, P.; Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. Zeitschrift für Pädagogik 47, 179-200

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521

Lindner, C.; Lindner, M.A.; Retelsdorf, J. (2019). Die 5-Item-Skala zur Messung der momentan verfügbaren Selbstkontrollkapazität (SMS-5) im Lern- und Leistungskontext. Diagnostica 65 (4), 228–242

Meador, K.S. (1997). Creative thinking and problem solving for young learners. Englewood: Teacher Ideas Press.

OECD (2014). PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V), PISA, OECD Publishing.

Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. Creativity Research Journal, 24(1), 66-75.

Runco, M.A. (1999). Divergent thinking. In M.A. Runco & S. Pritzker (Eds), Encyclopedia of creativity (Vol. I.) San Diego: Academic Press, 577-582

Torrance, E. P. (1966). The Torrance Tests of Creative Thinking – Norms- Technical Manual Research Edition – Verbal Tests, Forms A and B – Figural Tests. Forms A and B. Princeton NJ: Personnel Press

Inka Haak Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Ein Systematisierungsversuch von Forschungsansätzen zur Studieneingangsproblematik

Motivation

Seit etwa 10 Jahren ist die Studieneingangsphase vor allem unter der Perspektive von Studienabbruch in den Fokus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung gerückt (z. B. Heublein et al., 2010). Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Forschungs- und Entwicklungsbeiträgen erscheint es sinnvoll, bisherige Ansätze und deren Erkenntnisse zu sichten und zu systematisieren. Daraus lassen sich anschließend Forschungsdesiderate für die deutschsprachige Naturwissenschaftsdidaktik begründen.

Methode: Systematisches Review

Einen ersten Systematisierungsversuch bildet das folgende systematische Review von GDCP-Tagungsbandbeiträgen, welche auch neuere Studien beschreiben. Mithilfe der Suchbegriffe *Studieneingangsphase, Erstsemester, Studieneingangsproblematik, Studienabbruch, Studienerfolg* und *Übergang* wurden 58 Tagungsbandbeiträge ermittelt, die auf 24 Studien bzw. Projekte (kurz „GDCP-Studien“) zurückzuführen waren. Die händische Systematisierung erfolgte anhand der Kategorien *Fach, Studienlegitimation, Forschungsgegenstand, Studienerfolgsmaß, Methodologie & Methodik* sowie *Ausblick.*

Ergebnisse: Überblick über die Forschungsansätze

Insgesamt konnten die Studien zu drei Gruppen geclustert werden, die hinsichtlich der obigen Kategorien ähnliche Merkmale aufweisen: *Prädiktionsansätze*, *prozessorientierte Ansätze* und *maßnahmenorientierte Ansätze* (vorläufige Bezeichnungen). Deren Ansätze unterscheiden sich insbesondere im Forschungsgegenstand und der Methodik.

Die folgende Beschreibung der Ansätze wird durch (noch) nicht systematisch erfasste Journalbeiträge und Dissertationen ergänzt.

Prädiktionsansätze

Prädiktionsansätze haben das Ziel, personenbezogene und externe sowie stabile und variable Faktoren und deren Beziehungen zur Vorhersage von Studienerfolg zu identifizieren. Legitimiert werden diese Studien mit Fachkräftemangel (Holmegaard et al., 2012), unter anderem hervorgerufen durch als zu hoch wahrgenommene Abbruch- und Wechselquoten (Heublein et al., 2010), die durch ein Missverhältnis von Studierfähigkeit und universitären Anforderungen entstehen (Ulriksen et al., 2010). Diese Studien machen mit 14 von 24 den Großteil der GDCP-Studien zur Studieneingangsproblematik aus, wovon die Hälfte dieser auf das Verbundprojekt ALSTER zurückzuführen ist.

Theoretische Grundlage für die einem quantitativen Forschungsparadigma folgenden Untersuchungen sind Studienerfolgvorhersagemodelle wie z. B. das *Allgemeine Theoretische Modell des Studienerfolgs* von Albrecht (2011). Mithilfe von neu entwickelten oder adaptierten Wissenstests und Selbsteinschätzungsinstrumenten zu kognitiven, affektiven und motivationalen Variablen sowie Studien- und Kontextbedingungen konnten die in Abb. 1 dargestellten Prädiktoren ermittelt werden. Die einzelnen Prädiktoren und deren Wirkmechanismen werden wie z. B. bei ALSTER zu einem komplexen Vorhersagemodell zusammengefasst.

Limitationen dieser Ansätze ergeben sich zum einen aus ihrer fehlenden Repräsentativität über die jeweiligen Standorte hinaus. Zudem lassen sich aufgrund der Untersuchungsdesigns

in der Regel nicht mehr als 2 Messzeitpunkte pro Semester realisieren, sodass über die punktuelle Messung der betrachteten Merkmale alleine Veränderungsprozesse kaum zu rekonstruieren sind.

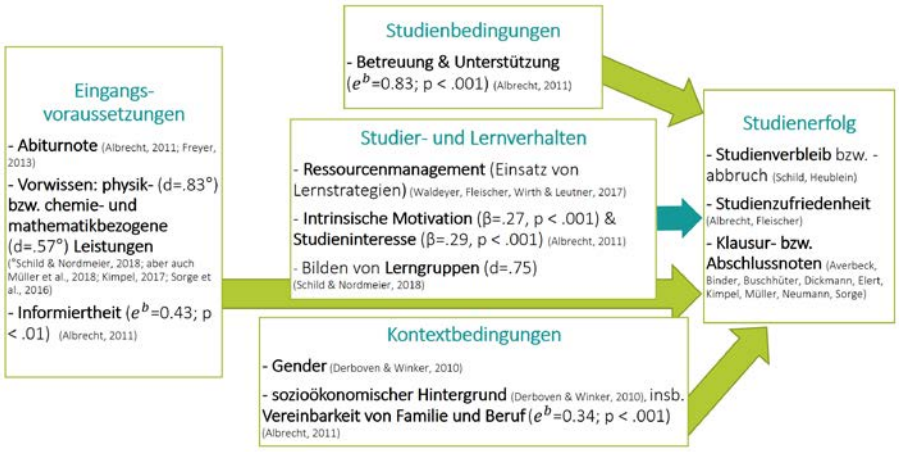


Abb. 1: Prädiktoren für Studienerfolg

Prozessorientierte Ansätze

Die fünf identifizierten deutschsprachigen GDCP-Studien, die einen prozessorientierten Ansatz verfolgen, legitimieren sich ebenso wie Prädiktionsansätze über zu hohe Studienabbruchquoten. Die Forschungsgegenstände sind jedoch deutlich heterogener. Es gibt sowohl Ansätze, die Lernen und Aufgaben(lösungen) untersuchen (Woitkowski, 2019; Waldeyer, Leutner & Wirth, 2016; Rosenberg & Busker, 2014), als auch Studien, die Beliefs von Lehramtsstudierenden untersuchen (Strelow & Nordmeier, 2015) – jeweils auf Basis spezifischer Theorien.

Betrachtet man weitere (inter)nationale Studien, findet man keinen gemeinsamen Theorierahmen, wobei hinterfragbar ist, ob ein solcher überhaupt sinnvoll und möglich ist: die Studieneingangsphase als Station der Bildungswegentscheidungen und demnach wichtige Phase der Identitätsbildung (Rabe & Krey, 2018), die Studieneingangsphase als Übergangsritus (Hopson & Adams, 1976) in eine akademische Fachkultur (Klein, 2018 aufbauend auf Tinto, 1975) bzw. Community of Practice (Wenger, 2011). Schwierigkeiten in der Studieneinangsphase werden als Krise (Haak, 2017 nach Tinto, 1975) oder expectation-experience-gap (Holmegaard et al., 2012) gedeutet. All diese Perspektiven nehmen die soziale Perspektive und das Individuum stärker in den Fokus als Prädiktionsansätze. Zudem schwingt das Konstrukt einer Fachkultur Physik mit.

Unter Berücksichtigung „der Fachkultur“[1] dokumentieren Einzelstudien Ausschlussmechanismen von Personen beispielsweise mit weiblichem Gender (GB: Archer et al., 2012), homosexueller Orientierung (USA: Steele, 2018) und Farbigen (USA: Ong et al., 2011). Zudem finden Bøe & Henriksen (2013) in norwegischen Schulen das Stereotyp, dass Physik nur etwas „for the brainy ones“ sei. Auch wenn solche Einzelergebnisse lokal begrenzt sind und nicht verallgemeinerbar, so fällt doch auf, dass ein recht ähnliches Bild einer „Physikkultur“ als männlich, weiß und exklusiv gezeichnet wird.

Während prozessorientierte Ansätze ein Tiefenverständnis der untersuchten Prozesse in der Studieneingangsphase meist auf Individualebene ermöglichen, sind diese aufgrund der sehr

[1] Es fehlt bisher an einer Definition und differenzierten, evidenzbasierten Beschreibungen.

geringen Stichprobenanzahl und der Lokalität nur sehr eingeschränkt auf andere Kontexte und Standorte übertragbar. Dieses ist auf die zeitaufwendigen Forschungsmethoden zurückzuführen, die im Wesentlichen einem qualitativen Forschungsparadigma folgen: Während Interviews (z. B. Woitkowski, 2019) häufig verwendet werden, findet man auch Videostudien, lautes Denken, Feldforschungen, etc. auch als mixed methods (ebenda).

Maßnahmenorientierte Ansätze
Als dritter Ansatz werden auf der Basis bekannter Forschungsergebnisse und mithilfe von weiteren, im Projekt verankerten Studien Maßnahmen zur Unterstützung der Studierenden in der Studieneingangsphase entwickelt und erforscht. Beispiele für diese lokalen Unterstützungsmaßnahmen sind Trainings zum selbstregulierten Lernen (Brebeck, 2014) und visuellen Modellverständnis (Bille et al., 2019), eine Diagnosecheckliste (Pusch, 2014) und ein Lernzentrum für Physikstudierende (Haak, 2017). Weitere Unterstützungs-maßnahmen für Studienanfänger wurden auf der diesjährigen Jahrestagung vorgestellt.

Forschungsdesiderate
Zunächst erscheint es sinnvoll, soweit wie möglich die Ergebnisse der verschiedenen Studien in einer Metastudie zusammenzuführen, um ein möglichst komplexes und vielschichtiges Modell zur Beschreibung der Studieneingangsphase zu erstellen. Schwierigkeiten dabei wären allerdings die unterschiedlichen Definitionen von Studienerfolg (siehe Abb. 1) und nicht ohne weiteres kategorisierbare und messbare Standortfaktoren. Da es sich bei Studien mit Prädiktionsansätzen, prozessorientierten und maßnahmenorientierten Ansätzen teilweise um sehr unterschiedliche Theorieansätze handelt, ist zunächst deren Vereinbarkeit zu prüfen, da sich mit den theoretischen Rahmungen auch die Forschungsgegenstände und -methodologien ändern können.
Zu diskutieren sind außerdem die Konsequenzen der bisherigen Ergebnisse: Während die Identifikation von variablen Persönlichkeits- und Standortfaktoren zur Entwicklung von Maßnahmen (seien sie unterstützend oder gar strukturell) führen sollte, folgt aus der Identifikation von stabilen Faktoren zwingend die Notwendigkeit der Diskussion von Bildungsgerechtigkeit im universitären Bildungssystem.

Literatur

Albrecht, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik* (Dissertation FU Berlin, 2011).

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). "Balancing acts": Elementary school girls' negotiations of femininity, achievement, and science. *Science Education, 96(6), 967-989.*

Bille, V. et al. (2019). Förderung des visuellen Modellverständnisses in Chemiestudiengängen. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 799). Universität Regensburg

Bøe, M. V., & Henriksen, E. K. (2013). Love it or leave it: Norwegian students' motivations and expectations for postcompulsory physics. *Science Education, 97(4), 550-573.*

Brebeck, I. (2014). *Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie.* Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 175. Berlin: Logos-Verl. (Dissertation Duisburg-Essen, 2014).

Buschhüter, D., Spoden, C., & Borowski, A. (2016). Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 83–85). Universität Regensburg.

Derboven, W., & Winker, G. (2010). *Ingenieurwissenschaftliche Studiengänge attraktiver gestalten: Vorschläge für Hochschulen.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos

Haak, I. (2017). *Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase: Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff.* Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen: Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. *HIS: Forum Hochschule. (2).*

Holmegaard, H. T., Ulriksen, L. M., & Madsen, L. M. (2012). The Process of Choosing What to Study: A Longitudinal Study of Upper Secondary Students' Identity Work When Choosing Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research, 58(1), 21–40.*

Hopson, B., & Adams, J. (1976). Towards an Understanding of Transition: Defining some Boundaries of Transition Dynamics. In J. Adams, J. Hayes & B. Hopson (Hrsg.), *Transition. Understanding & Managing Personal Change II, 3–25.* London: Robertson.

Kimpel, L. & Sumfleth, E. (2017). Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 79). Universität Regensburg

Klein, D. (2019). Das Zusammenspiel zwischen akademischer und sozialer Integration bei der Erklärung von Studienabbruchintentionen. Eine empirische Anwendung von Tintos Integrationsmodell im deutschen Kontext. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 22(2), 301-323.*

Larsen, M. S., Kornbeck, K. P., Kristensen, R., Larsen, M. R., & Sommersel, H. B. (2013). Dropout Phenomena at Universities. *Danish Clearinghouse for educational research*. http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2281748112 [15.3.2016].

Müller, J., Fischer, H. E. , Borowski, A. & Lorke, A. (2017). Physikalisch-mathematische Modellierung und Studienerfolg. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 75). Universität Regensburg

Ong, M., Wright, C., Espinosa, L., & Orfield, G. (2011). Inside the double bind: A synthesis of empirical research on undergraduate and graduate women of color in science, technology, engineering, and mathematics. *Harvard Educational Review, 81(2), 172-209.*

Pusch, A. (2014). *Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik.* Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 173. Berlin: Logos-Verl.

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik– Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 201-216.*

Rosenberg, D. & Busker, M. (2014). Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 543 - 545). Kiel: IPN.

Schild, N. & Nordmeier, V. (2018). Eingangsvoraussetzungen als Prädiktoren zur Vorhersage von Studienerfolg in Physik. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 468). Universität Regensburg

Sorge, S., Neumann, K. & Petersen, S. (2016). Die Bedeutung kognitiver Voraussetzungen für den Studienerfolg. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 524). Universität Regensburg

Steele, D. P. (2018). *"It's Like Having to Go Back Into the Closet Every Day": A Narrative Inquiry Examining the Impacts Heteronormativity and Heterosexism Have on the Experiences of Gay Men in STEM Majors.* Diss. University of Georgia, 2018.

Tinto, V. (1975). Dropout from Higher Education: A Theoretical Synthesis of Recent Research. *Review of Educational Research, 45(1), 89–125.*

Waldeyer, J., Leutner, D. & Wirth, J. (2016). Ressourcenmanagementstrategien in der Studieneingangsphase ALSTER Teilprojekt B. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 386). Universität Regensburg

Wenger, E. (2011). *Communities of practice: A brief introduction.* http://hdl.handle.net/1794/11736 [10.10.2019].

Woitkowski, D. (2019). Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium – Vorstellung eines Erhebungsverfahrens. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 492). Universität Regensburg

Ulriksen, L., Madsen, L. M., & Holmegaard, H. T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science Education, 46(2), 209–244.*

Bianca Paczulla
Vanessa Fischer
Elke Sumfleth
Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

Erstsemesterstudierende in Chemie an Universitäten und Fachhochschulen

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Zur Erklärung von Studienabbruch wurden viele Modelle aufgestellt (z. B. Tinto 1975; Thomas 2002; Beekhoven, De Jong, & Van Hout. 2002). In Heubleins (2014) Studienabbruchmodell wird Studienabbruch als komplexer multikausaler Prozess dargestellt, der sich in die Phasen *Studienvorphase, aktuelle Studiensituation* und *Entscheidung* einteilen lässt. In der Studienvorphase werden Personen derart sozialisiert, dass sie die Hochschulzugangsberechtigung (HZB) erwerben und sich anschließend für einen Studiengang und für eine Hochschule entscheiden. Mit der Immatrikulation beginnt der individuelle Studienprozess, der sich durch die Interaktion von inneren Faktoren (Studienverhalten, Studienmotivation, persönliche Ressourcen und Studienleistungen) und von äußeren Faktoren (Art der Hochschultypen mit ihren jeweiligen Studienbedingungen) auszeichnet. Wenn sich Diskrepanzen zwischen den inneren und äußeren Faktoren nicht auflösen, wird die Entscheidung für den Studienabbruch wahrscheinlicher. Sowohl die Bildungsherkunft und der Migrationshintergrund als auch die Persönlichkeit beeinflussen die Bildungssozialisation, Studienentscheidungen und den individuellen Studienprozess.

Die Relevanz der im individuellen Studienprozess verorteten Studienleistungen im Fach Chemie zeigt sich darin, dass die anhaltend hohen Studienabbruchquoten in Chemiestudiengängen (Heublein & Schmelzer, 2018) hauptsächlich durch Leistungsprobleme begründet werden (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2018). Das Modul *Allgemeine Chemie* nimmt eine besonders zentrale Rolle ein, da der Fachwissenserwerb in diesem Modul den Wissenserwerb in den weiteren chemiespezifischen Teildisziplinen *Physikalische Chemie, Analytische Chemie, Anorganische Chemie* und *Organische Chemie* erheblich beeinflusst (Averbeck, Hasselbrink, & Sumfleth, 2017). In einem Teilprojekt der Forschergruppe *ALSTER* (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Einführungsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge) wurde gezeigt, dass der Klausurerfolg in der *Allgemeinen Chemie* nicht nur durch die Rechenfähigkeit, die Kurswahl und die Abiturgesamtnote, sondern insbesondere durch das fachliche Vorwissen direkt beeinflusst wird (Averbeck, Hasselbrink, & Sumfleth, 2017). Es darf angenommen werden, dass sich das Vorwissen von traditionellen Universitätsstudierenden und von Fachhochschulstudierenden unterscheidet, da viele Fachhochschulstudierende zu Beginn des Studiums eine Berufsausbildung abgeschlossen haben (Middendorff et al., 2017), bei der – im Vergleich zur gymnasialen Oberstufe – mehr als nur ein Chemiekurs belegt wird. Somit liegen Unterschiede zwischen Universitäts- und Fachhochschulstudierenden bezüglich ihrer Bildungssozialisation und ihrer Herkunft vor, sodass die Annahme berechtigt ist, dass sich der individuelle Studienprozess von Universitäts- und Fachhochschulstudierenden unterscheidet.

Ziel der Studie und Forschungsfrage

Das Ziel des Teilprojekts Chemie des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts *CASSIS* (Chemie, Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften: Studienerfolg und Studienabbruch; FKZ: 01PX16019) ist die Identifikation fachspezifischer Gründe für den

Studienerfolg und Studienabbruch in Chemiestudiengängen an Universitäten und Fachhochschulen unter Berücksichtigung soziodemografischer Unterschiede der Studierenden. Im Fokus dieses Beitrags steht die Studienvorphase der Studierenden, sodass Universitäts- und Fachhochschulstudierende hinsichtlich ihrer Eingangsvoraussetzungen verglichen werden.

Instrumente

Neben der Bildungsherkunft und dem Migrationshintergrund als Operationalisierung der *Herkunft* aus dem Studienabbruchmodell nach Heublein (2014) wurde mithilfe eines Demographiefragebogens (Paczulla, Schüßler, Sumfleth, & Walpuski, 2018) die *Bildungssozialisation* erfasst. Hierzu wurden die Art der HZB inkl. Note sowie Angaben zur Berufsausbildung erfragt. Außerdem gaben die Studierenden an, ob sie in der gymnasialen Oberstufe einen Grundkurs oder Leistungskurs oder keinen Kurs in Chemie besucht haben. Die zur Bildungssozialisation zugehörigen fachlichen Studienvoraussetzungen wurden mit einem Test zur Erfassung mathematischer Fähigkeiten (Müller et al., 2018) und mit Leistungstests in Allgemeiner (AllC), Physikalischer (PC) und Analytischer Chemie (AnaC; adaptiert nach Averbeck et al., 2017) erhoben. Außerdem wurden die kognitiven Fähigkeiten (Subskala Figurales Denken; Heller & Perleth, 2000) erhoben. Aus der Stichprobe ergibt sich die Entscheidung zwischen dem Chemiestudium an einer Universität oder an einer Fachhochschule, sodass für die *Studienentscheidungen* keine weiteren Testinstrumente eingesetzt wurden. Zur Erhebung des Fachwissenserwerbs als Bestandteil der *Studienleistungen* wurden die Leistungstests in AllC, PC und AnaC (adaptiert nach Averbeck et al., 2017) am Ende des ersten Fachsemesters erneut eingesetzt.

Ergebnisse

Zur Stichprobe (N_{ges} = 279, N_{Uni} = 171, N_{FH} = 108) zählen Studierende, die im Wintersemester 2018/2019 ein Chemiestudium an einer von zwei Universitäten (Uni_1, Uni_2) oder von zwei Fachhochschulen (FH_1, FH_2) in Nordrhein-Westfalen begonnen haben. Aus einem χ^2-Homogenitätsstest resultiert, dass sich die Universitätsstudierenden und Fachhochschulstudierenden nicht in der Geschlechterverteilung unterscheiden (38.7 % weiblich, $\chi^2(1) = 1.471$, $p = .225$). Für die meisten Studierenden ist Deutschland das Geburtsland (91.7 %; $\chi^2(1) = 0.206$, $p = .650$). Weiterhin unterscheiden sich Universitäts- und Fachhochschulstudierende nicht signifikant in ihrer Bildungsherkunft (hoch: 14.2 %, gehoben: 24.9 %, mittel: 48.8 %, niedrig: 8.2 %, sehr niedrig: 3.9 %; $\chi^2(4) = 8.041$, $p = .090$). Ein t-Test bestätigt, dass zum Zeitpunkt der Einschreibung Fachhochschulstudierende mit durchschnittlich 20.52 Jahren signifikant älter als Universitätsstudierende sind (19.92 Jahre; $t(278) = -2.019$, $p = .044$, $d_{Cohen} = 0.248$). Ein möglicher Erklärungsansatz liegt in der Beobachtung, dass der Anteil der Studierenden mit abgeschlossener, chemiebezogener Berufsausbildung an Fachhochschulen höher als an Universitäten ist (Uni: 22.4 %, FH: 62.1 %; $\chi^2(1) = 1.178$, $p = .278$) und eben diese Studierenden älter als diejenigen ohne Ausbildung sind. Während die meisten Studierenden ihre HZB am Gymnasium erworben haben (Uni: 80.8 %, FH: 51.0 %), ist der Anteil derer mit einer HZB von einer berufsbildenden Schule an den Fachhochschulen höher (Uni: 3.8 %, FH: 37.5 %).

Aus der Rasch-basierten Auswertung der Leistungstests und der Tests zur Erfassung der mathematischen und kognitiven Fähigkeiten wurden Personenfähigkeitswerte der Studierenden gewonnen. Mithilfe von t-Tests wird gezeigt, dass sich Universitäts- und Fachhochschulstudierende zu Beginn des ersten Fachsemesters nicht signifikant in ihrem Vorwissen in AllC und PC unterscheiden (AllC: $t(171) = 0.429$, $p = .668$; PC: $t(167) = 0.372$, $p = .710$). Allerdings haben Fachhochschulstudierende ein signifikant höheres Vorwissen in AnaC als Universitätsstudierende ($t(140{,}216) = -2.593$, $p = .004$), was sich durch den hohen

Anteil an Studierenden mit abgeschlossener, chemiebezogener Ausbildung erklären lässt. Weitere t-Tests zeigen, dass für das erste Fachsemester ein signifikanter Lernzuwachs in AllC und AnaC für beide Studierendentypen vorliegt (AllC, Uni: $t(117) = -10.259$, $p < .001$; AllC, FH: $t(54) = -4.546$, $p < .001$; AnaC, Uni: $t(115) = -4.002$, $p < .001$; AnaC, FH: $t(53) = -2.601$, $p = .012$). In PC liegt ein signifikanter Lernzuwachs lediglich für die Universitätsstudierenden vor, wobei zu berücksichtigen ist, dass im ersten Fachsemester dieses Modul nicht an beiden Fachhochschulen gleichzeitig gelehrt wird (Uni: $t(114) = -10.627$, $p < .001$; FH: $t(53) = -1.919$, $p = .060$).

Durch Anwendung einer multiplen Regressionsanalyse mit Gruppenvergleich (Universitäts- und Fachhochschulstudierende) im Crossed-Lagged-Panel-Design wird die Bestimmung für Prädiktoren für das Fachwissen in Allgemeiner, Physikalischer und Analytischer Chemie ermöglicht. Hieraus resultiert das in Abb. 1 dargestellte Modell, das wegen zufriedenstellender Teststatistiken eine gute Passung zu den empirischen Daten aufweist. Die Variable „Vorbildung Chemie (LK / chemiebez. Ausbildung)“ erfasst all diejenigen Studierenden, die vor Studienbeginn eine Prüfung in Chemie absolviert haben.

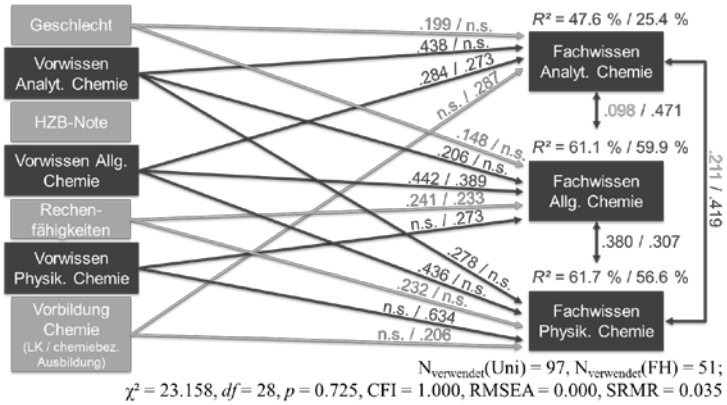


Abb. 1 Multiples Regressionsmodell mit Gruppenvergleich zwischen Universitätsstudierenden und Fachhochschulstudierenden. Es werden signifikante standardisierte Regressionskoeffizienten dargestellt (Uni/ FH).

An dieser Stelle wird der Fokus auf die zentrale Rolle des Vorwissens in AllC gesetzt. Sowohl bei Universitäts- als auch bei Fachhochschulstudierenden hat das Vorwissen in AllC einen signifikanten Einfluss auf den Fachwissenserwerb in AnaC ($\beta_{Uni} = .284$, $\beta_{FH} = .273$) und in AllC ($\beta_{Uni} = .442$, $\beta_{FH} = .389$). Das Vorwissen in AllC hat lediglich bei den Universitätsstudierenden einen signifikanten Einfluss auf den Fachwissenserwerb in PC ($\beta_{Uni} = .436$). Bei den Fachhochschulstudierenden wird der Fachwissenserwerb in PC hauptsächlich durch das korrespondierende Vorwissen ($\beta_{FH} = .634$), aber auch durch die chemische Vorbildung ($\beta_{FH} = .206$) prädiziert.

Ausblick

Da möglicherweise weitere signifikante Zusammenhänge wegen der teils geringen Fallzahlen fehlen, werden zur Replikation dieser Ergebnisse im Wintersemester 2019/2020 weitere Erstsemesterstudierende erhoben. Zur Erklärung von Studienabbruch in Chemiestudiengängen als multikausaler Prozess wird das in Abb. 1 aufgestellte Modell um weitere Faktoren des Studienabbruchmodells von Heublein (2014) erweitert.

Literatur

Averbeck, D., Hasselbrink, E., & Sumfleth, E. (2017). Einfluss der "Allgemeinen Chemie" auf den Studienerfolg im ersten Semester. In C. Maurer (Ed.). Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017 (491-494). Universität Regensburg.

Beekhoven, S., De Jong, U. & Van Hout, H. (2002). Explaining academic progress via combining concepts of integration theory and rational choice theory. Research In Higher Education, 43, 577-600.

Heublein, U. (2014). Student Drop-out from German Higher Education Institutions. European Journal of Education, Vol. 49 (4), 497-513.

Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. DZHW-Projektbericht Juli 2018. Hannover: DZHW.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521.

Middendorff, E., Apolinarski, B., Becker, K., Bornkessel, P., Brandt, T., Heißenberg, S., & Poskowsky, J. (2017). Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in Deutschland 2016: 21. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks durchgeführt vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Dammann, E., Borowski, A., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. ZfDN, 24 (1), 183-199.

Paczulla, B., Schüßler, K., Sumfleth, E., & Walpuski, W. (2018, September). Studienerfolg und Studienabbruch in Chemiestudiengängen (CASSIS). Posterpräsentation auf der GDCP Jahrestagung 2018, Kiel, Germany.

Thomas, L. (2002). Student retention in higher education: the role of institutional habitus. Journal of Education Policy, 17, 423-442.

Tinto, V. (1975). Dropout from higher education. A theoretical synthesis of recent research. Review of Educational Research, 45, 89-125.

Tilmann John — Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Erich Starauschek — PSE Stuttgart-Ludwigsburg

Kumulatives Physiklernen im Lehramtsstudium

Stand der Forschung und Zusammenfassung

In Lehrveranstaltungen der Physik an Universitäten wird physikalisches schulrelevantes Fachwissen wenig berücksichtigt (Baumert et al. 2007). Diese Annahme zeigt sich erstens in schülertypischen Alltagsvorstellungen, die angehende und auch praktizierende Physiklehrkräfte aufweisen (Abell 2007), zweitens in Berichten von Referendaren, sich fachlich ungenügend auf den Lehrberuf vorbereitet zu fühlen (Lersch 2006; Merzyn 2004) und drittens darin, dass schulrelevantes Fachwissen erst in der Praxis des Berufs erworben wird (Borowski et al. 2011). Eine mögliche Interpretation der Datenlage: der Mangel an schulrelevantem Fachwissen im Grundstudium erschwert kumulatives Lernen von Physik während der Professionalisierung als Lehrkraft. An der PH Ludwigsburg wurde daher ein kumulatives Lehrkonzept entwickelt, bei dem Grundkonzepte der Physik systematisch variiert wiederholt aufgegriffen werden, Alltagsvorstellungen der Studierenden thematisiert werden und Schulbezüge exemplarisch gezeigt werden (John & Starauschek 2018; Rubitzko, Laukenmann & Starauschek 2018). In der Evaluation wurde längsschnittlich Fachwissen erhoben und mit einer Interviewstudie untersucht, wie die Studierenden ihr Lernen in der Lehrveranstaltung beschreiben: Nur ein Teil der Studierenden profitiert von der kumulativen Lehre. Diese Studierenden lernen mit einem vertieften Lernzugang und schneiden bei der Bearbeitung von Schulbuchaufgaben am besten ab. Eine andere Gruppe von Studierenden wird trotz der Maßnahme nicht unterstützt.

Kumulatives Lehren und Lernen

Grundlage der Entwicklung des Lehrkonzepts ist das kumulative Lernen mit Gagné (1968) und Ausubel (1968). Aus ihnen leitet sich die Bedeutung des Vorwissens und der vertikalen Vernetzung von Lerninhalten durch Leitideen (hier: mechanische Grundkonzepte) für das Lernen ab. Aus dem Wissensmodell von Lee (2012) folgt darüber hinaus als Bedingung für den Erwerb abstrakten Wissens, die Grundkonzepte wiederholt in stetig neuen Kontexten zu konkretisieren, also anzuwenden. Kourilsky und Wittrock (1974) stellen das Problem des fachlich falschen Vorwissens heraus. Das Lehrkonzept „Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik“ an der PH Ludwigsburg umfasst folgende zentrale Lehrmaßnahmen: Grundkonzepte der Physik (hier der Mechanik, z. B. das Kraft- oder Impulskonzept) werden wiederholt systematisch aufgegriffen. Die Inhalte nehmen an Komplexität zu, Alltagsvorstellungen der Studierenden werden thematisiert und inhaltliche Schulbezüge exemplarisch hergestellt (Rubitzko et al. 2018).

Evaluationsdesign und Erhebungsmethoden

Evaluationsgegenstand: Das Lehrkonzept wird in drei aufeinanderfolgenden Semestern in folgenden Fachveranstaltungen implementiert: Mechanik, Schulversuche zur Mechanik und Elektrodynamik. Auch in der Elektrodynamik werden die mechanischen Grundkonzepte nochmals konkretisiert, z. B. bei der Bewegung geladener Teilchen in Feldern.
Evaluationsfrage: Ziel des Lehrkonzepts ist der Erwerb eines schulbezogenen physikalischen Fachwissens. Die Evaluationsfrage lautet daher: „Wie wirkt sich das zu evaluierende Lehrkonzept (1) auf den Erwerb eines schulbezogenen physikalischen Fachwissens und (2) auf das Lernverhalten der Studierenden in der Veranstaltung aus?“
Methoden: Zur Beantwortung der ersten Teilfrage wird vor und nach der Intervention fachliches Wissen erhoben. Dazu werden offene Aufgaben zum Kraftkonzept sowie Schulbuch-

aufgaben zum Kraftkonzept aus den Büchern Bader (2000) und Heepmann et al. (1996) eingesetzt. Für die zweite Teilfrage werden retrospektive, leitfadengestützte Interviews durchgeführt, bei welcher nach dem Lernverhalten in der Veranstaltung gefragt wird.

Stichproben: Aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße (s. Tab. 1) ist die Evaluation ausgelegt auf Fallstudien. Als Vergleich wurden die Erhebungen ebenfalls mit einer Stichprobe der Universität durchgeführt. Der Test zum Fachwissen wurde mit den Studierenden der Universität jedoch nur einmal nach der Mechanik-Veranstaltung durchgeführt.

	PH Ludwigsburg	**Universität**
Lehramt	Haupt-/Realschule	Gymnasium
N	16	9
Alter *MW* (*SD*)	21,7 (3,7)	22,2 (1,6)
Anteil weibl.	38 %	44 %
Abinote *MW* (*SD*)	2,5 (0,6)	2,0 (0,6)

Tab. 1: Stichproben

Ergebnisse

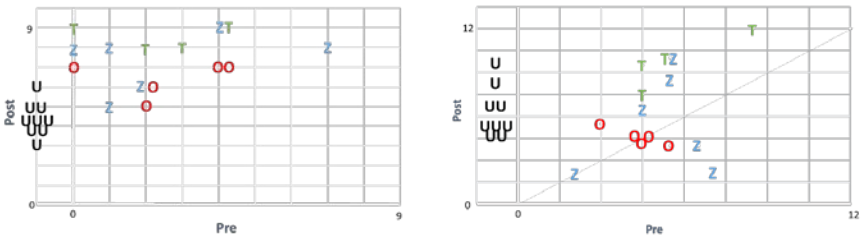
Interviewstudie: Die Ergebnisse der Interviewstudie sind ausführlich in John & Starauschek (i. D.) dokumentiert. Ein induktiv entwickeltes Kategoriensystem ergibt Tiefen- und Oberflächenzugänge beim Lernen und eine Zwischenkategorie. Dieses Ergebnis bildet den Stand der Forschung ab (vgl. u. a. Prosser et al. 1996; Crawford et al. 1998; Marton & Säljö 1997; Trigwell et al. 2013). Die Gruppe der Tiefenlerner („T“) berichtet im Interview, dass die kumulativen Lehrmaßnahmen sie beim vertieften Lernen unterstützt haben. Dagegen berichtet die Gruppe der Oberflächenlerner („O“) trotz der kumulativen Maßnahmen lediglich oberflächlich gelernt zu haben. Dies kann am Beispiel der Maßnahme der Thematisierung der Alltagsvorstellungen verdeutlicht werden: Die Tiefenlerner beschreiben das Bewusstwerden eigener Alltagsvorstellungen damit, sich reflektiert und kritisch gefragt zu haben, weshalb sie diese Vorstellungen haben und worin genau die physikalische Theorie diesen widerspricht. Dagegen sprechen die Oberflächenlerner davon, sich lediglich zu merken, welche Ausdrücke physikalisch falsch sind und welche richtig. Eine dritte Gruppe wurde als Zwischentyp bezeichnet („Z“), den wir nicht weiter beschreiben.

Fachwissen: Die qualitative Auswertung führt induktiv zu einem dreistufigen (1-3), hierarchischen Antwortraum. Die höchste Stufe entspricht einer differenzieren und rundum richtigen Antwort. Die niedrigste Stufe entspricht dem Nennen von Fakten ohne weitere Erklärung. Am Beispiel des 2. Newtonschen Axioms: (1) Nennen der Formel $F = m \cdot a$, (2) Erklärung eines Spezialfalls, z. B. der eindimensionale Fall mit einer Kraft, (3) Erklärung des Zusammenhangs zwischen einer resultierenden Kraft und der Änderung entweder des Betrags oder der Richtung der Geschwindigkeit. Sowohl die offenen Aufgaben zum Kraftkonzept als auch die Schulbuchaufgaben wurden auf diese Weise ausgewertet, Summenscores gebildet und in Abb. 1 a-c als Streudiagramm dargestellt. Die 16 Studierenden der PH Ludwigsburg werden durch die Buchstaben „T“, „Z“, und „O“ dargestellt, die 9 Studierenden der Universität mit „U“.

Ergebnisse: (1) Beim „Kraftkonzept“ (Abb. 1a) zeigt sich bei der Interventionsgruppe ein Wissenszuwachs. Die Universitätsstudierenden liegen im unteren Ende der Verteilung der PH Studierenden. (2) Bei den „Schulbuchaufgaben“ (Abb. 1b) findet im Mittel keine Wissenszuwachs statt. Es lassen sich aber zwei Gruppen unterscheiden: Ein Teil der Stichprobe verbessert sich gar nicht, ein anderer Teil verbessert sich leicht. Die Stichprobe der Universität im Post-Test ist ähnlich verteilt. (3) Abb. 1c zeigt für den Post-Test den Zusammenhang zwischen dem „Kraftkonzept“ und den „Schulbuchaufgaben“. Hier wurde bei der Auswertung der Schulbuchaufgaben ein dichotomes Kriterium verwendet: Nur solche Aufgaben, die vollständig richtig sind, wurden als richtig bewertet, alle anderen Antworten wurden als falsch bewertet. Dies liefert Folgendes: „O“-Studierende können keine der Schulbuchaufgaben vollständig richtig lösen. Dagegen lösen die „T“-Studierenden die Schulbuchaufgaben

am besten. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen hinsichtlich der Lernzugänge zeigt sich bei den Schulbuchaufgaben. Zudem zeigt das Diagramm, dass zwischen den Testteilen kein Zusammenhang besteht; es gibt Studierende, die das Kraftkonzept differenziert erklären können und trotzdem die Schulbuchaufgaben zum Kraftkonzept nicht oder nur teilweise lösen können.

a) Kraftkonzept (Pre/Post) **b)** Schulbuchaufgaben (Pre/Post)



c) Schulbuchaufgaben / Kraftkonzept (Post)

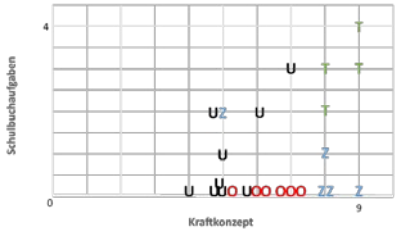


Abb. 1: Streudiagramme zur Darstellung der Ergebnisse des Fachwissenstests. Bezeichungen: „T“: Tiefenlerner, „Z“: Zwischentyp, „O“: Oberflächenlerner. Die Stichprobe der Universität („U“) hat jeweils nur am Post-Test teilgenommen und ist daher in a) und b) in einer Spalte dargestellt. ***a)*** *Testteil Kraftkonzept für Pre- und Post-Test.* ***b)*** *Testteil Schzulbuchaufgaben für Pre- und Post-Test.* ***c)*** *Testteile Schulbuchaufgaben und Kraftkonzept nur für den Post-Test. Das Kriterium zur Auswertung der Schulbuchaufgaben ist hier dichotom und unterscheidet sich zu b).*

Diskussion

Die Daten zeigen, dass nur etwa ein Viertel der Studierenden das Angebot der kumulativen Lehre nutzt: Diese Studierende lernen mit einem Tiefenzugang und können nach der Intervention das Kraftkonzept differenziert erklären und die zugehörigen Schulbuchaufgaben lösen. Die bleiben für diese Studierende der Universität auch nach der Mechanik-Veranstaltung eine Herausforderung. Die andere Gruppe der Studierenden lernt trotz eines lernerorientierten kumulativen Angebots nicht vertieft. Diese Studierenden können auch nach der Intervention keine Schulbuchaufgaben zum Kraftkonzept lösen und erreichen nicht das Niveau, das von angehenden Lehrkräften erwartet werden kann. Personenmerkmale begrenzen vermutlich die Nutzung eines kumulativen Lehrangebots. Natürlich muss die Datenbasis verbreitert werden, um allgemeine Aussagen zu treffen.

Danksagung

Das Verbundprojekt "Lehrerbildung PLUS" wird im Rahmen der gemeinsamen "Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Eds.), Handbook of Research in Science Education, 1105–1149.

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view: Holt, Rinehart and Winston.

Bader, F. (2000). Physik 12/13 Gymnasium Sek II. Hannover: Schroedel Verlag.

Baumert, J. (2007). Neue Wege in der Lehrerausbildung - staatliche und universitäre Verantwortlichkeiten. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn, & R. Watermann (Eds.), Professionell Lehren - Erfolgreich Lernen. Münster: Waxmann Verlag.

Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(10), 1–9.

Crawford, K., Gordon, S., Nicholas, J. & Prosser, M. (1998). Qualitatively different experiences of learning mathematics at university. Learning and instruction, 8(5), 455–468.

Gagné, R. M. (1968). Contributions of learning to human development. Psychological review, 75(3), 177–191.

Heepmann, B., Muckenfuß, H., Schröder, W. & Stiegler, L. (1996). Physik Natur und Technik für Realschulen - Baden-Württemberg 10 (1st ed.): Cornelsen.

John, T. & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik: Entwicklung eines Modells zur professionsorientierten Fachausbildung von Physiklehrkräften. In PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Würzburg.

John, T. & Starauschek, E. (im Druck). Ergebnisse einer Interviewstudie zur Evaluation von kumulativem Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium Physik. In PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Kourilsky, M. & Wittrock, M. C. (1992). Generative teaching: An enhancement strategy for the learning of economics in cooperative groups. American Educational Research Journal, 29(4), 861–876.

Lee, J. (2012). Cumulative Learning and Schematization in Problem Solving. Universität, Freiburg. Retrieved from https://www.freidok.uni-freiburg.de/fedora/objects/freidok:8783/datastreams/FILE1/content

Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. Z. f. Päd. 51, 164–181.

Marton, F. & Säljö, R. (1997). Approaches to Learning: Explaining Differences in Outcome. In F. Marton, D. Hounsell, & N. J. Entwistle (Eds.), The experience of learning: Implications for teaching and studying in higher education (pp. 39–58). Scottish Academic Press.

Merzyn, G. (2004). Lehrerausbildung–Bilanz und Reformbedarf. Überblick über die Diskussion. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Prosser, M., Walker, P. & Millar, R. (1996). Differences in students' perceptions of learning physics. Physics Education, 31(1), 43.

Trigwell, K., Ashwin, P. & Millan, E. S. (2013). Evoked prior learning experience and approach to learning as predictors of academic achievement. British journal of educational psychology, 83(3), 363–378.

Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process 1. Educational psychologist, 11(2), 87–95.

Rubitzko, T., Laukenmann, M. & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In PhyDid B, Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Würzburg.

Rehberg Jana[1]
Wilhelm Thomas[1]
Spatz Verena[2]
Goldhorn Laura[1]

[1]Goethe Universität Frankfurt a.M.
[2]Technische Universität Darmstadt

Pilotierung eines Mindsetfragebogens mit Physik-(Lehramts-)Studierenden

Hintergrund

Der Studienabbruch in Deutschland stellt neben den Auswirkungen auf den persönlichen Lebenslauf auch eine Herausforderung im „Zusammenhang mit den hochschul- und arbeitsmarktpolitischen Zielsetzungen“ dar, den „Anteil der Fachkräfte mit einem Hochschulabschluss an der erwerbstätigen Bevölkerung zu steigern“ (Heublein, 2011, S. 215). Dies hat insbesondere Relevanz für das Studienfach Physik, da hier die Abbruchquoten über 37 % liegen. Selbst nach Korrektur um Parkstudierende ist es immer noch fast jede/r Vierte, die/der das Physikstudium abbricht (DPG 2013, S. 31).

Die Gründe für einen Abbruch sind individuell verschieden. In der HIS-Exmatrikuliertenbefragung 2008 führten Studierenden jedoch individuelle Leistungsprobleme zusammen mit Prüfungsversagen als Hauptgrund an (Heublein, 2011, S. 225-226). Hier spielt als Prädiktor für den Studienerfolg neben den kognitiven Fähigkeiten und Vorwissen (Freyer et al, 2014, S.131, zitiert in Neumann, 2016) auch der Umgang mit Rückschlägen im Studium eine entscheidende Rolle. Daher rücken auch psychologische Persönlichkeitsfaktoren zunehmend in den Blickpunkt der fachdidaktischen Forschung, „da hier Anhaltspunkte für eine individuelle Förderung erwartet werden“ (Neumann, 2016, S. 86).

Die vorliegende Studie untersucht lernförderliche Haltungen, die ebenfalls im Zusammenhang mit dem Umgang von herausfordernden (Studiums-)Situationen stehen. Im Zentrum steht dabei das Persönlichkeitsmerkmal „Mindset“ nach Dweck (2014, S. 5 ff.; 2006, S. 3 ff.). Nach der Theorie der Mindsets lassen sich Personen in zwei Kategorien entlang eines Spektrums einteilen, wenn es um ihre impliziten Theorien darüber geht, woher Fähigkeiten von Personen stammen (Theories of Intelligence, Dweck 1988, S. 259). Eine Person an diesem Ende des Spektrums glaubt, dass Fähigkeiten ausschließlich angeboren und Eigenschaften wie Intelligenz oder der Charakter damit unveränderbar sind. Dweck bezeichnet diese Kategorie als statisches Selbstbild (original: fixed mindset). Am anderen Ende des Spektrums liegt das dynamische Selbstbild (original: growth mindset). Eine Person mit dieser Haltung glaubt, dass Fähigkeiten vollständig erworben sind und neue Fähigkeiten somit erlernbar sind. Studien von konnten bereits belegen, dass ein „Growth-Mindset“ bei einer Person eher mit Erfolg in einem Fach verbunden ist (Yeager, 2011, S. 269). Darüber hinaus konnte durch Interventionen bereits eine Verschiebung in die gewünschte Richtung des „Growth-Mindsets“ aufgezeigt werden (Blackwell et al., 2007, S. 251; Yeager, 2019, S. 366). Insbesondere der Aspekt des Erfolgs von Kurzinterventionen von einer Dauer von einer bis vier Stunden ist interessant für eine realistische Umsetzung (Yeager, 2011, S. 268). Dies ist größtenteils für SchülerInnen im englischsprachigen Raum untersucht worden. Im deutschsprachigen Raum existieren bislang noch keine Untersuchungen, die das Konstrukt des „Growth-Mindset“ für Physik-(Lehramts-) Studierende untersucht.

Ziel der Gesamtstudie ist es, die lernförderlichen Haltungen vom Studienbeginn über drei Zeitpunkte hinweg im Längsschnitt zu erheben. Hierfür soll ein möglichst kurzer und reliabler Fragebogen eingesetzt werden. Dabei soll untersucht werden, inwieweit mit dem erarbeiteten Fragebogen eine Vorhersage in Bezug auf einen Studienabbruch möglich ist. Zudem soll im Rahmen der Gesamtstudie die Wirkung einer Intervention auf Studierende mit Hilfe des Instruments erfasst werden.

Für die Untersuchung wurde ein Fragebogen mit insgesamt 91 Items entworfen und pilotiert. Neben dem Mindset wurden noch Fragen aus vier weiteren Konstrukten miteinbezogen:
FsR - Fachspezifische Resilienz (Physikstudium) (Neumann, 2016): Die fachspezifische Resilienz untersucht die Fähigkeit einer Person mit Rückschlägen, Stress und Druck umzugehen, die spezifisch durch das Studieren eines bestimmten Faches entstehen. Es wurden die elf Items des Orignalfragebogens nahezu identisch übernommen.
GRIT (Duckworth, 2007; Fleckenstein et al., 2014): GRIT bezeichnet die Fähigkeit einer Person, beständiges Interesse für ein Fach oder anderes Gebiet zu besitzen und dieses hartnäckig zu verfolgen. Es wurden die 12 Originalitems übersetzt und an die Studierendensituation angepasst.
AS - Attribuierungsstil (Weiner, 2010): Nach der Theorie der Attribuierungsstile verknüpft eine Person jeden (Miss-)Erfolg mit einer *wahrgenommenen* Ursache. Es wurden 16 Items nach dem Aufbau des MBAF-K „Schule-intellektuelle Leistung" (Schneewind, 1990, S.98 ff) als Kurzskala aufgebaut. Hinzu kamen drei Items zur Attribuierungssicherheit und Situationskontrolle.
AMS - Achievement Motives Scale (Engeser, 2005): Die AMS misst die Hoffnungs- und Furchtkomponente des expliziten Leistungsmotivs. Es wurden 13 deutschsprachige Items aus dem AMS übernommen (ebd., S. 19) und zum Teil an die Studierendensituation angepasst.
MS - Mindset (Dweck, 2006; Spatz, 2017): Es wurden 26 von 27 Items von Gros (2018, S. 56 - 61) übernommen und diese teilweise von der Schul- an die Studierendensituation angepasst.
Darüber hinaus wurden eigene Kontrollfragen eingearbeitet, da neben den Physik-Studierenden auch Nebenfach- und Lehramtsstudierende erfasst werden, um bspw. den Stellenwert eines erfolgreichen Physik(-Nebenfach)-Studiums abzufragen.

Pilotierung
Die Stichprobe setzte sich aus insgesamt $N_{Ges} = 273$ Studierenden in Zweitsemester-Experimentalphysik-Vorlesungen aus drei Universitäten zusammen (Frankfurt $n_{Ffm} = 125$, Darmstadt $n_{Da} = 73$ und Würzburg $n_{Wü} = 75$). Es wurde 76-mal weiblich, 193-mal männlich und siebenmal die Angabe divers ausgewählt oder keine Angabe gemacht.
Zunächst wurde anhand der Daten eine explorative Faktorenanalyse aller Items vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass einige Items aus jedem Konstrukt auf den ersten Faktor laden. Die restlichen Faktoren bilden jeweils die Skalen oder Subskalen der eingebrachten Konstrukte ab. Die Attribuierungsstil-Items laden zerstreut. Auch eine weitere Analyse konnte in keiner Kombination diese Skala oder einen Teil davon mit guten Kennwerten bestätigen. Das gesamte Konstrukt fällt daher im finalen Fragenbogen weg.
Der erste Faktor kann inhaltlich sehr gut interpretiert werden, da die Items alle den Aspekt der „Herausforderung" beinhalten. Durch Streichen von zwei MS-Items und Hinzunahme zweier Items des expliziten Leistungsmotivs konnte die Skala „Vorliebe für Herausforderungen in Physik" mit fünf Items neu aufgebaut werden. Neben der ursprünglichen Mindset-Skala „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung" konnten auch die beiden Subskalen der Komponente „Allgemeine Vorstellung und Verständnis in Physik" wiedergefunden werden. Inhaltlich können die zwei neuen Skalen als „Erfolg in Physik beruht auf Anstrengung" mit vier und „Erfolg in Physik beruht auf Begabung" mit fünf Items interpretiert werden. Die Items der ursprünglichen Mindset-Skala „Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an anderen" laden indes durchaus gemeinsam auf einen Faktor, weisen jedoch mit $\alpha_C = .50$ eine unzureichende Reliabilität auf. Daher wird diese Skala nicht mehr im finalen Fragebogen berücksichtigt.
Die beiden Subskalen „Wirkung von Unsicherheit" und „Schwierigkeitsaspekt" des expliziten Leistungsmotivs lassen sich mit jeweils fünf Items in der Pilotierung wiederfinden. Um der Zielsetzung der Reduktion der Items gerecht zu werden und Redundanz vorzubeugen, werden

zwei Items in die überarbeitete Mindset-Skala „Vorliebe für Herausforderungen“ übernommen. Die übrigen Items werden im finalen Fragebogen nicht mehr verwendet.
Die vorgeschlagene Grit-Skala „Beständiges Interesse“ (Fleckenstein et al., 2014, S. 283) lädt mit vier von sechs Items auf einen Faktor. Die weitere Grit-Skala „Beharrlichkeit“ wurde mit einem α_C von .69 gefunden. Es deutete sich eine dritte Grit-Skala an, deutbar als „Motivation trotz Rückschlägen“, welche ein schwaches α_C von .61 aufweist. Die letzten beiden Skalen werden für die Weiterarbeit verworfen.
Die Skala der Fachspezifischen Resilienz konnte zunächst mit neun Items wiedergefunden und durch Streichen eines Items mit $\alpha_C = .89$ bestätigt werden. Im Gegensatz zur vorgegebenen einfaktoriellen Struktur deutet sich mit zwei Items in der Pilotierung eine weitere Skala an, die sich inhaltlich als „Aufgeben als Reaktion auf Rückschläge“ deuten ließe. Auf Grund der zu geringen Itemanzahl wird diese Skala nicht mehr für die Weiterarbeit verwendet.

Entstandener Fragebogen

Nach der Pilotierung konnte die ursprüngliche Anzahl von 91 Items deutlich auf sechs Skalen mit 31 Frage-Items gekürzt werden. Gerade für den wiederholten Einsatz in einer Längsschnittstudie kann dies als vorteilhaft betrachtet werden. Es wurden drei neue Mindset-Skalen und jeweils eine weitere Skala zu explizitem Leistungsmotiv, Grit und Fachspezifischer Resilienz aufgebaut.
Die identifizierten Faktoren lassen sich sowohl inhaltlich in Themenbereiche einordnen als auch den zugrundeliegenden Konstrukten zuordnen. Alle Skalen weisen akzeptable bis gute Cronbachs Alpha auf. Die Trennschärfen der Items liegen im guten Bereich und es zeigen sich bei den gewählten Items weder Boden- noch Deckeneffekte. Die Korrelation der Skalen lassen sich inhaltlich gut deuten. Die deutliche Korrelation (.61) von „Anstrengung“ und „Begabung“ ist zu erwarten, da sie im ursprünglichen Fragebogen Subskalen einer gemeinsamen Komponente darstellen. Auch die hohe Korrelation (.73) von „Herausforderung“ und FsR ist gut nachvollziehbar, da die FsR ja gerade den Umgang einer Person mit den hohen Leistungsanforderungen untersucht, die ein Physikstudium mit sich bringt.

Skala		#	α_C	Beispiel-Item
1	Erfolg in Physik beruht auf ***Anstrengung*** (MS)	4	.848	Jede/r kann Physik verstehen. Man muss nur genug dafür tun.
2	Erfolg in Physik beruht auf ***Begabung*** (MS)	5	.834	Physiker/innen zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.
3	Vorliebe für ***Herausforderung****en* in Physik (MS+AMS)	5	.911	Je kniffeliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.
4	Wirkung von ***Unsicherheit*** (AMS)	5	.784	Ich fühle mich unwohl, an etwas zu arbeiten, wenn ich unsicher bin, ob ich es auch schaffen kann. (invers)
5	***Beständiges Interesse*** (GRIT)	4	.735	Ich kann zuerst Feuer und Flamme für etwas sein, verfolge es aber dann nicht bis zum Ende. (invers)
6	***Fachspezifische Resilienz*** (FsR)	8	.890	Selbst wenn ich bei einer schwierigen Physikaufgabe nach mehreren Anläufen keine Lösungsidee habe, versuche ich es immer wieder.

Ausblick

Zunächst ist die erste Testung von frisch angekommenen Erstsemester-Physikstudenten geplant. Im darauffolgenden Wintersemester soll eine Intervention angewandt und getestet werden. Da ein erster Blick auf die Daten nahelegt, dass Physikstudierende eher zu einem Growth-Mindset tendieren, sollen im Querschnitt auch Gruppen untersucht werden, die nicht mehrheitlich physikaffin sind. Dafür sollen sowohl Physik-Nebenfach-Studierende als auch SchülerInnen der Oberstufe getestet werden. Schließlich soll noch anhand erhobenen Längsschnitt-Daten überprüft werden, inwieweit eine Vorhersage über einen Studienabbruch möglich ist.

Literatur

Blackwell L. A.; Trzesniewski, K. H.; Dweck, C. S. (2007): Theories of intelligence and achievement across the junior high school transition: A longitudinal study and an intervention, Child development, 78, 246-263.

Duckworth, Angela L.; Peterson, Christopher; Matthews, Michael D.; Kelly, Dennis R. (2007): Grit: perseverance and passion for long-term goals. In: Journal of personality and social psychology 92 (6), S. 1087–1101.

Dweck, Carol S. (2006): Mindset - The new psychology of success, Random House, New York.

Dweck, Carol S.; Walton, Gregory M.; Cohen, Geoffrey L. (2014): Academic Tenacity 2014. Mindsets and Skills that Promote Long-Term Learning. Bill & Melinda Gates Foundation. S. 1-43.

Dweck, Carol S.; Leggett, Ellen L. (1988): A Social-Cognitive Approach to Motivation and Personality. Psychological Review 1988, Vol. 95, No. 2, 256-273.

Ehrlinger, Joyce; Mitchum, Ainsley L.; Dweck, Carol S. (2015): Understanding overconfidence: Theories of intelligence, preferential attention, and distorted self-assessment (63).

Engeser, Stefan (2015): Messung des expliziten Leistungsmotivs: Kurzform der Achievement Motives Scale. (Measuring the explicit achievement motive: A short version of the Achievement Motives Scale). Manuskript 2015 S. 1- 19.

Fleckenstein, Johanna; Schmidt, Fabian T. C.; Möller, Jens (2014): Wer hat Biss? Beharrlichkeit und beständiges Interesse von Lehramtsstudierenden. Eine deutsche Adaptation der 12-Item Grit Scale. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht 61 (4), S. 281.

Goldhorn, Laura; Spatz, Verena (2017): Mindsets im Fach Physik – eine Interviewstudie. GDCP Tagungsband 2017 S. 182-185.

Gros, Christopher (2018): Weiterentwicklung eines Fragebogens zu den Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik. Wissenschaftliche Hausarbeit TU Darmstadt, Betreuung: Prof. Verena Spatz.

Heublein; Ulrich; Wolter; Andrä (2011): Studienabbruch in Deutschland. Definition, Häufigkeit, Ursachen, Maßnahmen. Zeitschrift für Pädagogik 57 (2011) 2, S. 214-236.

Neumann, Irene (2016): Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden. GDCP Tagungsband 2016 S. 86-88.

Matzdorf, René; Düchs, Georg: DPD Physikstudium_2013. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013.

Schneewind, Klaus A.; Pausch, Hans P. (1990): Entwicklung des Multidimensionalen Bereichsspezifischen Attributionsfragebogens für Kinder und Jugendliche (MBAF-K). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 2, 97-104.

Shen, Chen; Miele, David B.; Vasilyeva, Marina (2016): The relation between college students' academic mindsets and their persistence during math problem solving. In: Psych. Rus. 9 (3), S. 38–56.

Spatz, Verena; Gros, Christopher (2018): Fragebogenentwicklung zu den Mindsets von Lernenden in Physik. GDCP Tagungsband 2018 S. 652-655.

Spatz, Verena; Hopf, Martin (2017) Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt…". GDCP Tagungsband 2017 S. 344-347.

Weiner, Bernard (2010): The Development of an Attribution-Based Theory of Motivation: A History of Ideas. In: Educational Psychologist 45 (1), S. 28–36.

Yeager, David S.; Walton, Gregory M. (2011): Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic, In: Review of Educational Research 81 (2), S. 267–301.

Yeager, David S. et al. (2019): A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. In Nature 573, S. 364–369.

Nicole Graulich[1] [1]Universität Gießen
Stefanie Schwedler[2] [2]Universität Bielefeld

Hochschulfachdidaktische Herausforderungen beim Lernen der Chemie

Motivation

Die Diskussionen um Studienabbruchquoten (Berthold et al. 2015; Heublein et al. 2010), Studierfähigkeit (Huber 2009; Klomfaß 2011) und die (Um-)Gestaltung der Studieneingangsphase (Key et al. 2018; Key and Hill 2018) zeigen eindrücklich auf, dass sich die Voraussetzungen und Gelingensbedingungen des Lernens an Schulen und Hochschulen fundamental voneinander unterscheiden. Dabei stellt eine gelingende tertiäre Ausbildung nicht nur eine allgemeinpädagogische Herausforderung dar: Es bedarf auch einer fachdidaktischen Auseinandersetzung, die die Spezifika der jeweiligen Fachkulturen, sowie die Bedarfe der Lehrenden und Lernenden im Fach berücksichtigt und konstruktiv in die Lernprozesse einbindet. Dieser Gedanke wird nicht zuletzt durch die fachlichen Unterschiede in den Abbruchquoten als Folge variierender Studienanforderungen und –motivationslagen gestützt (Heublein et al. 2017).
Während die internationale Fachdidaktik ihre Relevanz für das fachwissenschaftliche Chemielernen an den Hochschulen bereits erkannt hat und intensiver Forschungsaktivität in diesem Bereich nachgeht, liegt der Fokus der Chemiedidaktik im deutschsprachigen Raum noch weitgehend auf dem Sekundarbereich bzw. der hochschulischen Ausbildung angehender Lehrkräfte. Die Bündelung fachdidaktischer Erkenntnisse zur fachwissenschaftlichen Hochschullehre in Chemie in Abgrenzung zu schul- bzw. lehramtsbezogenen Forschungsergebnissen stellt das wesentliche Anliegen des vorliegenden Symposiums dar.

Forschungsschwerpunkte

Die Analyse verschiedener Facetten der chemiebezogenen Hochschullehre erfordert sehr unterschiedliche methodische Vorgehensweisen. Erstens geht es darum, die gegebenen Voraussetzungen und Gelingensbedingungen eines erfolgreichen Studiums zu untersuchen. Dazu zählen, neben den chemischen Grundkenntnissen, auch die kognitiven, affektiven und motivationalen Charakteristika der Lernenden und Lehrenden. Zweitens ist eine genaue Analyse der fachspezifischen Lernhindernisse und -herausforderungen erforderlich, die die Besonderheiten der inhärenten Fachstruktur und fachbezogenen Lernkultur identifiziert. Eine erhoffte Verbesserung der Situation bedarf drittens der Konzeption, Begleitung und Evaluation von innovativen und effizienten instruktionalen Settings in der fachwissenschaftlichen Hochschullehre.

Zentrale Fragestellungen und Struktur des Symposiums

Die vier Beiträge des Symposiums beschäftigen sich mit folgenden zentralen Fragestellungen:

1. *Zum Studienerfolg im ersten Studienjahr Chemie*, von Elke Sumfleth und Daniel Averbeck: Welche Erfolgsprädiktoren für einen gelungenen Studienbeginn lassen sich identifizieren, und welche Rolle spielt das Vorwissen in der Studieneingangsphase?
2. *Physikalische Chemie zu Studienbeginn: Analyse eines Stolpersteins*, von Stefanie Schwedler: Welche spezifischen Lernhindernisse müssen Studierende in der Physikalischen Chemie überwinden und welche Fähigkeiten sind dafür erforderlich?
3. *Eine Fallstudie zur Entwicklung domänenspezifischer Expertise*, von Stefanie Lenzer und Nicole Graulich: Wie entwickelt sich die domänen-spezifische Expertise und die

Problemlösekompetenz der Studierenden im Bereich Materialwissenschaften im Laufe einer selbständigen Projektarbeit, und wie gehen die Studierenden mit Unsicherheiten beim Problemlösen um?

4. *Lehren und Lernen in Organischer Chemie*, von Robert Bittorf und Sascha Schanze: Welchen Einfluss haben die einzelnen Akteure und Aspekte einer *flipped classroom*-Intervention auf das Lernverhalten der Studierenden in Organischer Chemie?

Das Symposium folgt damit in dreifacher Hinsicht einer inneren Struktur (siehe Abbildung 1). Erstens entsprechen die Fragestellungen den drei oben ausgeführten methodischen Ansätzen, wobei zunächst auf die Bedingungen und Voraussetzungen eines erfolgreichen Studiums eingegangen wird, anschließend auf die Lernhindernisse im Studium und abschließend auf die Entwicklung und Evaluation innovativer Lehrkonzepte. Zweitens sind sie chronologisch entlang des Studienverlaufs angeordnet. Während sich die ersten beiden Vorträge mit der Studieneingangsphase und dem ersten Studienjahr beschäftigen, zeigen die letzten beiden Vorträge Lehrinnovationen im weiteren Verlauf des Studiums auf. Und drittens folgen die Fragestellungen einem thematischen Zoom: Während sich der erste Beitrag mit dem Erfolg zu Studienbeginn entlang der ganzen Breite des Fachs beschäftigt, werden im zweiten Beitrag die Schwierigkeiten der Physikalischen Chemie als Teildisziplin betrachtet. Die letzten beiden Interventionsstudien sind dagegen auf die thematischen und kompetenzbezogenen Spezifika einzelner Lehrveranstaltungen zugeschnitten.

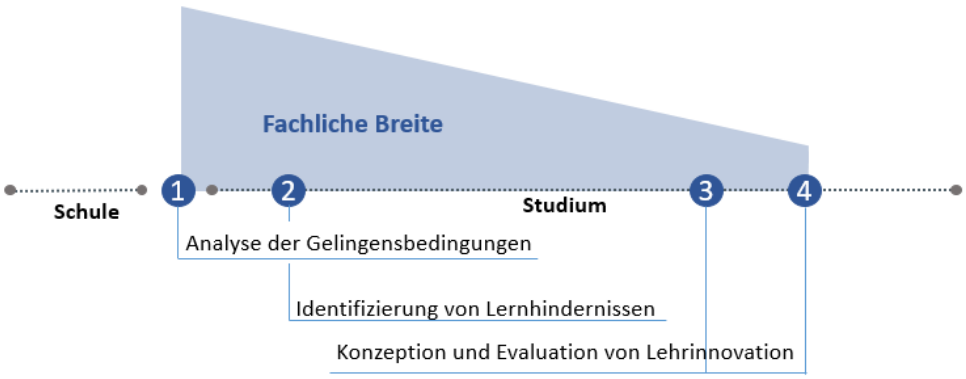


Abb.1: Innere Struktur der vier Symposiumsbeiträge

Literatur

Berthold, C., Jorzik, B., Meyer-Guckel, V., & (Hrsg). (2015). Handbuch Studienerfolg - Strategien und Maßnahmen: Wie Hochschulen Studierende erfolgreich zum Abschluss führen. Essen.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Forum Hochschule, 1(1), 318.

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Forum Hochschule (Vol. 2). Hannover.

Huber, H. (2009). Kompetenzen für das Studium: "Studierfähigkeit." TriOS. Forum für schulnahe Forschung, Schulentwicklung und Evaluation, 4, 81–96.

Key, O., & Hill, L. (2018). Die Studieneingangsphase im Umbruch - Anregungen aus den Hochschulen. nexus - Impulse für die Praxis, (14), 1–12.

Key, O., Jackiewicz, L., Hawemann, R., & Wallor, L. (2018). Modellansätze ausgewählter Hochschulen zur Neugestaltung der Studieneingangsphase. Berlin.

Klomfaß, S. (2011). Hochschulzugang und Bologna-Prozess. Bildungsreform am Übergang von der Universität zum Gymnasium. Kassel: VS Verlag.

Elke Sumfleth Universität Duisburg-Essen
Daniel Averbeck Universität Duisburg-Essen

Zum Studienerfolg im ersten Studienjahr

Ausganglage

Die Studienabbruchquote ist in technisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen hoch und hat in den letzten Jahren noch einmal zugenommen. Im Bereich der Chemie-Bachelorstudiengänge stieg diese Quoten von 43% im Jahr 2012 auf mittlerweile 45% an (Bildungsbericht 2018). Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Studieneingangsphase zu. Die von Seiten der Studierenden am häufigsten genannten Gründe für den Studienabbruch sind Leistungsprobleme (Chen, 2015; Heublein et al., 2017).
Der Forschungsverbund ALSTER hat versucht, Licht in das Dunkel der Studieneingangsphase zu bringen und u. a. den Einfluss kognitiver und affektiver Faktoren auf die Wissensentwicklung im 1. Studienjahr Chemie untersucht. Die Analysen gehen über die Allgemeine Chemie hinaus und beziehen die Physikalische und Analytische Chemie sowie die Anorganische und Organische Chemie mit ein.

Theoretischer Hintergrund

Neben vielen allgemeinen Untersuchungen zu Studienerfolg und Studienabbruch existieren nur wenige Arbeiten, die sich fach- also chemiespezifisch mit Studienerfolgsprädiktoren auseinandersetzen. Des Weiteren hängt deren Einfluss auf den Studienerfolg stark von der Wahl des betrachteten Studienerfolgskriteriums ab. So gelten weithin die Abiturgesamtnote (z. B. Tai, Ward & Sadler, 2006) sowie das chemische Vorwissen (Freyer, 2013; Hailikari & Nevgi, 2010)als bedeutsamste Prädiktoren für den Studienerfolg von Chemiestudierenden. Darüber hinaus zeigen sich weitere Zusammenhänge zwischen den Leistungen in der Studieneingangsphase und der Intelligenz (Tai, Sadler & Loehr, 2005), der chemiebezogenen Vorerfahrung (Busker, Parchmann & Wickleder, 2010) sowie den physikalischen (Derrick & Derrick, 2002) und mathematischen Kompetenzen der Studierenden (Hahn & Polik, 2004).
Die meisten der chemiespezifischen Studien beziehen sich dabei allerdings auf die Allgemeine Chemie, so dass Wechselwirkungen zwischen den grundlegenden Teilgebieten der Chemie innerhalb der Studieneingangsphase nicht aufgeklärt werden können. Außerdem sind die meisten Erhebungen punktuell, während in diesem Projekt längsschnittliche Daten im Verlaufe des ersten Studienjahres erhoben werden.

Datenerhebung und Stichprobe

Eine längsschnittliche Datenerhebung erfordert eine intensive Pflege der Probandenkohorte, um zu verhindern, dass viele Studierende ihre Teilnahme an der Studie abbrechen. Deshalb wurden die Daten im Rahmen creditierter Lehrveranstaltungen erhoben und die aufgewendete Zeit mit einer Probandenvergütung entlohnt. Außerdem wurden weitere Incentives verlost.
Die Stichprobe besteht aus Studienanfängerinnen und Studienanfängern der Universitäten Duisburg-Essen und Bochum (Tab. 1). Die Daten wurden zu verschiedenen Messzeitpunkten erhoben: T1 zu Studien- bzw. Semesterbeginn, T3 zum Ende des 1. Semesters und T4 zum Ende des 2. Semesters.

Tab. 1: Stichprobe

Essen	Grundgesamtheit	Stichprobe T1	Stichprobe T2	Stichprobe T3
N (prozentual)	129 (100%)	118 (91,5%)	111 (94,1% von T1)	72 (61,0% von T1)
Geschlecht		39% w	40%	47%
Bochum				
N (prozentual)	157 (100%)	157 (100%)	132 (84,1% von T1)	62 (39,5% von T1)
Geschlecht		36% w	39% w	49%

Zu den verschiedenen Messzeitpunkten wurden Testinstrumente und Fragebögen zu folgenden Konstrukten eingesetzt:

- MZP T1: Kognitive und affektive Variablen, Prä-Tests zur Allgemeinen Chemie, zur Physikalischen Chemie 1 und zur Analytischen Chemie 1
- MZP T3: Post-Tests zur Allgemeinen Chemie, zur Physikalischen Chemie 1 und zur Analytischen Chemie 1, Prä-Tests zur Physikalischen Chemie 2, zur Analytischen Chemie 2, zur Anorganischen Chemie und zur Organischen Chemie
- MZP T4: Post-Tests zur Physikalischen Chemie 2, zur Analytischen Chemie 2, zur Anorganischen Chemie und zur Organischen Chemie

Ergebnisse

Relevante Einflussfaktoren auf das Vorwissen in Allgemeiner Chemie zu Beginn des Semesters sind an beiden Universitäten die Kurswahl Chemie in der Oberstufe, die Rechenfähigkeiten, das Interesse und die kognitiven Fähigkeiten. Keine Rolle spielen die Abiturgesamtnote, das Selbstkonzept und motivationale Variablen. Blickt man auf das Fachwissen in Allgemeiner Chemie zu Semesterende, zeigt sich, dass dieses am stärksten vom Vorwissen in Allgemeiner Chemie abhängt. Die übrigen kognitiven Variablen haben einen erheblich geringeren Einfluss auf das Wissen in Allgemeiner Chemie am Ende des ersten Semesters und werden vorwiegend über das Vorwissen mediiert.

Ähnliche Zusammenhänge zeigen sich für das Fachwissen in Analytischer und Physikalischer Chemie am Ende des ersten Semesters, wobei zusätzlich das Vorwissen in Allgemeiner Chemie einen bedeutsamen Einfluss hat und das Fachwissen in Allgemeiner Chemie mit dem in Physikalischer bzw. Analytischer Chemie deutlich korreliert. Schaut man sich den Lernzuwachs über das Semester in Physikalischer Chemie genauer an, stellt man fest, dass diejenigen Studierenden mit geringem und jene mit hohem Vorwissen nahezu gleich viel dazu lernen, so dass der Unterschied zwischen beide Gruppen relativ konstant bleibt. Teilt man die Gruppen aber nach ihrem Vorwissen in Allgemeiner Chemie ein, lernen diejenigen mit dem höheren Vorwissen in Allgemeiner Chemie signifikant mehr in Physikalischer Chemie dazu, als jene mit geringem Vorwissen in Allgemeiner Chemie. Dieselben Zusammenhänge finden sich ebenfalls für den Lernzuwachs in Analytischer Chemie.

Blickt man auf die weiteren Teilgebiete der Anorganischen und Organischen Chemie, so hängt auch hier sowohl das Vorwissen als auch das Fachwissen am Ende des zweiten Semesters

maßgeblich vom Fachwissen in Allgemeiner Chemie zum Ende des ersten Semesters sowie vom jeweiligen Vorwissen in den entsprechenden Teilgebieten ab.

Diskussion

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass der Fachwissenserwerb in allen Teilgebieten maßgeblich vom jeweiligen Vorwissen und vom Vorwissen der Studierenden im Bereich der Allgemeinen Chemie abhängt. Eine zusätzliche Rolle spielen die Rechenfähigkeiten (vor allem auch in der Physikalischen Chemie) und in geringerem Maße die allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeiten.

Insgesamt kommt damit dem Modul Allgemeine Chemie eine entscheidende Rolle für den weiteren Studienverlauf zu. Die Vermittlung der chemischen Grundprinzipien und Denkweisen ist richtungsweisend für den Studienerfolg. Das Wissen im Bereich der Allgemeinen Chemie ist somit die zentrale Größe für den weiteren Wissenserwerb, wird aber in besonderer Weise durch das Vorwissen zu Beginn des Studiums geprägt. Rückblickend wird so die Kurswahl in der Oberstufe entscheidend. Diejenigen, die keinen Leistungskurs gewählt haben, können diesen Wissensunterschied kaum aufholen. Hier sind zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen notwendig, um sofort zu Studienbeginn die Lücken zu schließen und sei es durch eine Verlängerung der Studiendauer. Diese sollte aber nicht durch die Wiederholung nicht bestandener Klausuren entstehen, sondern durch vorgeschaltete Studien oder Vorkurse in erheblichem Umfang.

Literatur

Bildungsbericht 2018. https://www.bildungsbericht.de/de/bildungsberichte-seit-2006/bildungsbericht-2018; Tab. F4-1A

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, *17*(4), 163–168. https://doi.org/10.1002/ckon.201010134

Chen, X. (2015). *STEM attrition among high-performing college students in the United States: scope and potential causes*: OmniaScience.

Derrick, M. E., & Derrick, F. W. (2002). Predictors of Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *79*(8), 1013. https://doi.org/10.1021/ed079p1013

Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156*. Berlin: Logos Berlin.

Hahn, K. E., & Polik, W. F. (2004). Factors Influencing Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *81*(4), 567. https://doi.org/10.1021/ed081p567

Hailikari, T. K., & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, *32*(15), 2079–2095. https://doi.org/10.1080/09500690903369654

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. *Forum Hochschule: 1/2017*. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW).

Tai, R. H., Sadler, P. M., & Loehr, J. F. (2005). Factors influencing success in introductory college chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(9), 987–1012. https://doi.org/10.1002/tea.20082

Tai, R. H., Ward, R. B., & Sadler, P. M. (2006). High School Chemistry Content Background of Introductory College Chemistry Students and Its Association with College Chemistry Grades. *Journal of Chemical Education*, *83*(11), 1703. https://doi.org/10.1021/ed083p1703

Stefanie Schwedler Universität Bielefeld

Physikalische Chemie zu Studienbeginn
Analyse eines Stolpersteins

Ausgangslage

Der Studienstart wird als besonders anforderungsreiche Phase der Transition vom sekundären zum tertiären Bildungsbereich betrachtet, die für einen eventuellen Studienerfolg essentiell ist (vgl. Bosse & Trautwein 2014). In den MINT-Fächern stellen gerade die hohen, fachlichen Anforderungen ein herausforderndes Lernhindernis für StudienanfängerInnen dar (vgl. Heublein et al. 2017, S. 124). Nach einer aktuellen Studie an zwei deutschen Universitäten sind es die abstrakt-mathematischen Fächer Mathematik und Physikalische Chemie, die die StudienanfängerInnen inhaltlich besonders überfordern (Schwedler 2017).

Dieser Beitrag skizziert die Verfolgung dreier Forschungsanliegen: Erstens werden die in der internationalen Literatur bekannten Lernschwierigkeiten zusammengetragen und mit der disziplinspezifischen Curricularstruktur verknüpft. Zweitens soll aufgezeigt werden, welche Bedeutung der Physikalischen Chemie deutschlandweit im ersten Jahr des Chemiestudiums zukommt. Und drittens wird untersucht, inwieweit die Lernhindernisse auch im deutschen Hochschulraum auftreten.

Von der Fachstruktur zu literaturbekannten Lernschwierigkeiten

Nach Primas kommen in der Physikalischen Chemie die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Traditionen der Chemie und der Physik auf spezifische Weise zusammen (vgl. Primas 1985): Während die Chemie die vielfältigen Ausformungen der Materie traditionell mit Hilfe qualitativer Kriterien klassifiziert, zielt die Physik auf möglichst fundamentale, verallgemeinerbare und quantifizierbare Zusammenhänge ab. Auf diese Weise entsteht eine eigene Wissenschaftsdisziplin (vgl. Schummer 1998), die in ihrer Fachkultur von anderen Bereichen der Physik und der Chemie abzugrenzen ist. Charakteristisch sind quantitative Modelle und Zusammenhänge, die allerdings nicht verallgemeinerbar, sondern nur für bestimmte Stoffklassen oder unter bestimmten Bedingungen anwendbar sind bzw. in denen oft auch stoffspezifische Größen zum Einsatz kommen.

Abb.1: Die fünf Kernbereiche der Physikalischen Chemie

Auch angesichts der zunehmenden Interdisziplinarität der Forschung berührt diese Vorgehensweise inzwischen zahlreiche Bereiche der naturwissenschaftlichen Forschung,

wobei die Thermodynamik (chemische Energetik), Elektrochemie, Quantenchemie, Spektroskopie und Reaktionskinetik als zentrale Fachbereiche der Physikalischen Chemie betrachtet werden (vgl. Abbildung 1).
Die oben sehr grob skizzierten Charakteristika der Disziplin führen zu diversen, international bekannten Lernschwierigkeiten beim Lernen der Physikalischen Chemie in universitären Settings. Nach einer Untersuchung von Sözbilir (2004) betrachten Studierende und Dozierende den hohen Abstraktionsgrad physikochemischer Konzepte als ein besonders ausgeprägtes Lernhindernis. Vergleichbare Ergebnisse für die Wahrnehmung der Studierenden zeigt auch eine Untersuchung in der deutschen Hochschullandschaft (vgl. Schwedler 2017).
Dabei bezieht sich die Abstraktion auf zwei verschiedene Ebenen: Zum einen werden in der Physikalischen Chemie häufig statistische Entitäten bzw. deren dynamische Interaktionen betrachtet (vgl. Cartier 2009), für die sich der Aufbau angemessener mentaler Modelle sicherlich als Herausforderung darstellt (vgl. Schwedler 2019). Zum anderen bedient sich die Physikalische Chemie als quantifizierende Wissenschaft in einem für die chemische Tradition ungewohntem Maße elaborierter mathematischer Werkzeuge (vgl. Tsaparlis and Finlayson 2014), die für die Studierenden abstrakt und schwer zu verstehen sind.
Der resultierende Mangel an konzeptuellem Verständnis wird von den Studierenden beklagt (vgl. Sözbilir 2004) und er äußert sich auch in einer Tendenz zum algorithmischen Auswendiglernen von Rechenrezepten als präferierte Lehr-Lernstrategie (Nyachwaya et al. 2014; Stamovlasis et al. 2005). Dabei zeigt sich, dass selbst fortgeschrittene Studierende (welche die Grundveranstaltungen erfolgreich abgeschlossen haben) und *high achiever* (welche in Lernstandsüberprüfungen gut oder sehr gut abschneiden) nicht in der Lage sind, die Bedeutung fundamentaler mathematischer Ausdrücke im physikochemischen Kontext angemessen zu interpretieren (Becker & Towns 2012; Hadfield & Wieman 2010).
Aus chemiedidaktischer Perspektive fällt in der disziplinspezifischen Lehr-Lernkultur ein Problem besonders ins Auge: Nach Johnstone (1991) erfordert eine verständnisfördernde Vermittlung chemischer Phänomene immer auch die Betrachtung des Konzepts auf der Teilchenebene. Diese submikroskopische Betrachtungsweise bezeichnet Becker als soziochemische Bezugsnorm, die aus ihrer Sicht in der universitären Physikochemie vernachlässigt wird (vgl. Becker et al. 2013). So wird die Teilchenvorstellung von Studierenden in Lehrveranstaltungen nicht von sich aus zur Argumentation verwendet (ebd.). Dazu passt, dass sich australische Studienanfangende insgesamt ihrer Vorstellungen auf der Teilchenebene sehr unsicher sind. Zudem haben Nyachwaya und Wood (2014) gezeigt, dass angloamerikanische Lehrwerke diese Ebene in ihren Abbildungen kaum berücksichtigen.

Ziele der Untersuchungen

Zunächst wird betrachtet, welche curriculare Rolle der Physikalischen Chemie deutschlandweit in der Eingangsphase des fachwissenschaftlichen Chemiestudiums zukommt. Darüber hinaus ist zu klären, inwieweit deutsche Studierende im ersten Studienjahr über angemessene Teilchenvorstellungen verfügen und inwieweit deutsche Lehrwerke die Entwicklung dieser Teilchenvorstellungen unterstützen, indem sie die submikroskopische Ebene in Bildern und Texten berücksichtigen.

Untersuchung 1: Physikalische Chemie in der deutschen Studieneingangsphase

In einer Untersuchung an zwei nordrhein-westfälischen Universitäten hat sich die Physikalische Chemie als Stolperstein in der Studieneingangsphase entpuppt (Schwedler 2017). Es ist allerdings nicht klar, ob das Fach an anderen deutschen Universitäten ebenfalls in signifikantem Umfang im ersten Jahr unterrichtet wird und das Problem daher potentiell nationale Relevanz aufweist. Daher wird eine Analyse der Modulhandbücher aller 51 universitären Institute durchgeführt, die Chemie als fachwissenschaftlichen Studiengang anbieten. Neben der inhaltsanalytischen Erfassung der Themen nach Mayring (2002) erfolgt

eine Abschätzung der Leistungspunkte, die im ersten Jahr curricular auf physikochemischer Inhalte bezogen sind, sowie eine Klassifizierung der curricularen Abfolge, in denen die fünf Kernbereiche der Physikochemie unterrichtet werden. Das von Peperkorn entwickelte und von Schwedler verfeinerte Kategoriensystem wird an anderen Stellen detaillierter beschrieben (Peperkorn 2018; Schwedler 2019b).
Erste Ergebnisse indizieren, dass fast alle Institute den Bereich der chemischen Energetik (Thermodynamik) im ersten Studienjahr unterrichten und sich im Mittel etwa ein Fünftel der Leistungspunkte im ersten Studienjahr auf physikochemische Konzepte beziehen.

Untersuchung 2: Submikroskopische Studierendenvorstellungen
Es stellt sich die Frage, inwieweit die Studierenden angemessene submikroskopische Vorstellungen auf der Teilchenebene zu physikochemischen Kernkonzepten entwickelt haben. Zur Beantwortung dieser Frage wurden N = 124 Einzelfallerhebungen (in der Regel Lautes Denken, zum Teil auch diagnostische Gespräche) mit fachwissenschaftlichen Studierenden des ersten Studienjahres zu acht Kernthemen der Thermodynamik und Kinetik durchgeführt. Die detaillierten, themenspezifischen Ergebnisse wurden (Schwedler 2019a, 2019b; Schwedler and Lyczek 2019) und werden an anderer Stelle publiziert. In der Gesamtbetrachtung wird klar, dass der überwiegende Teil der Studierenden auch nach der zugehörigen Veranstaltung keine angemessenen Teilchenvorstellungen aufweist.

Untersuchung 3: Analyse der Bilder und Texte schulischer und universitärer Lehrwerke
Nyachwaya und Wood (vgl. 2014) haben gezeigt, dass die Darstellungen anglo-amerikanischer, universitärer Lehrwerke überwiegend der symbolischen Ebene zuzuordnen sind, während submikroskopische Darstellungen deutlich unterrepräsentiert sind. Es ist allerdings nicht geklärt, ob diese Proportionen auch auf deutsche Lehrwerke zutreffen und inwieweit sich schulische und universitäre Lehrwerke in diesem Punkt unterscheiden. Daher wurden die Texte und Bilder von neun universitären und schulischen Standardlehrwerken aus Deutschland zum Thema Elektrochemie inhaltsanalytisch untersucht. Die Analyse nutzt ein etabliertes Kategoriensystem zur Bildanalyse nach Gkitzia et al. (2011), welches auch für die Textanalyse adaptiert wurde (vgl. Heidebrecht 2018). Die Ergebnisse indizieren, dass die submikroskopische Ebene sowohl in schulischen als auch universitären Lehrwerken tendenziell unterrepräsentiert ist. Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse folgt an anderer Stelle.

Zusammenfassung und Ausblick
Die holistische Vermittlung physikochemischer Konzepte, welche explizit submikroskopische Betrachtungsweisen inkludiert, stellt eine zentrale Forderung der internationalen Fachdidaktik zur Verständnisförderung in der universitären Physikalischen Chemie dar. Die Forschenden beklagen nicht nur die mangelnde Nutzung der Teilchenperspektive durch Studierende aufgrund der geringen Ausprägung studentischer Vorstellungen, sie heben darüber hinaus die Vernachlässigung der Teilchenperspektive in der Instruktion hervor.
Erste Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen indizieren, dass physikochemische Themen deutschlandweit einen signifikanten curricularen Anteil an der Eingangsphase des Chemiestudiums haben. Darüber hinaus zeigt sich, dass deutsche Studienanfangende nur schwer angemessene Teilchenvorstellungen zu Kernthemen der Thermodynamik und Kinetik aufbauen, und dass die submikroskopische Ebene in deutschen Lehrbüchern im Vergleich zur makroskopischen und symbolischen Ebene seltener dargestellt wird.
Zukünftige Arbeiten sollten sich mit der Frage beschäftigen, welche instruktionalen Settings die Einbindung der Teilchenebene fördern und ob dies tatsächlich das Konzeptverständnis positiv beeinflusst.

Literatur

Becker, N., Rasmussen, C., Sweeney, G., Wawro, M., Towns, M., & Cole, R. (2013). Reasoning using particulate nature of matter: An example of a sociochemical norm in a university-level physical chemistry class. Chemistry Education Research and Practice, 14(1), 81–94.

Becker, N., & Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. Chemistry Education Research and Practice, 13(3), 209–220.

Bosse, E., & Trautwein, C. (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. Zeitschrift für Hochschulforschung, 9(5), 41–62.

Cartier, S. F. (2009). An integrated, statistical molecular approach to the physical chemistry curriculum. Journal of Chemical Education, 86(12), 1397–1402.

Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. Chemistry Education Research and Practice, 12(1), 5–14.

Hadfield, L. C., & Wieman, C. E. (2010). Student interpretations of equations related to the first law of thermodynamics. Journal of Chemical Education, 87(7), 750–755.

Heidebrecht, T. (2018). Evaluation der drei Ebenen des chemischen Dreiecks in Lehrbüchern am Übergang zwischen der Schule und der Hochschule im Bereich der Elektrochemie. Universität Bielefeld.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Forum Hochschule (Vol. 1). Hannover.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Journal of computer assisted learning, 7(2), 75–83.

Mayring, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung: eine Anleitung zu qualitativem Denken. Weinheim und Basel: Beltz.

Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. Chemistry Education Research and Practice, 15(1), 81–93.

Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. Chemistry Education Research and Practice, 15(4), 720–728.

Peperkorn, Y. (2018). Der Umfang an Physikalischer Chemie in der Studieneingangsphase. Universität Bielefeld.

Primas, H. (1985). Kann Chemie auf Physik reduziert werden? Teil 2. Chemie in unserer Zeit, 19(5), 160–166.

Schummer, J. (1998). Physical chemistry: Neither fish nor fowl? In P. Janich & N. Psarros (Eds.), The Autonomy of Chemistry (pp. 135–148). Würzburg: Königshausen & Neumann.

Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, 165–179.

Schwedler, S. (2019a). Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt? Studienanfänger des Fachs Chemie entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC. Chemie Konkret, 26(1), 12–22.

Schwedler, S. (2019b). Analyse des Studienstarts in Chemie - Wege aus der fachdidaktischen Überforderung. Universität Bielefeld.

Schwedler, S., & Lyczek, M. (2019). Punktmassen oder Mini-Billiardkugeln? Moleküldynamiksimulationen stärken Lernervorstellungen zu idealen Gasen im Chemiestudium. Chemie Konkret.

Sözbilir, M. (2004). What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers. Journal of Chemical Education, 81(4), 573.

Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D., & Zarotiadou, E. (2005). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: Further evidence from a national chemistry examination. Chemistry Education Research and Practice, 6(2), 104–118.

Tsaparlis, G., & Finlayson, O. E. (2014). Physical chemistry education: Its multiple facets and aspects. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 257–265.

Stefanie Lenzer
Bernd Smarsly
Nicole Graulich

Universität Gießen

Eine Fallstudie zur Entwicklung domänenspezifischer Expertise

Einleitung

Um aktuellen gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Herausforderungen begegnen zu können, ist das Problemlösen eine der zentralen Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts (Griffin and Care, 2014). Allerdings wissen wir aufgrund verschiedener hochschuldidaktischer Studien, dass Studierende und Experten sich in ihrem Problemlöseverhalten unterscheiden (Airey and Linder, 2009; DiSessa, 1993; Felder and Brent, 2016; Lemke, 1998). Experten haben ein hohes Bewusstsein für domänenspezifische Ressourcen und nutzen diese effizient und erfolgreich, um verschiedenste Probleme zu lösen (Airey and Linder, 2017; Ericsson, Hoffman, Kozbelt, & Williams, 2018). Studierende hingegen verwenden Formeln, Geräte oder Messmethoden meist algorithmisch, ohne ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, ob und warum die verwendeten Ressourcen angemessen sind, um ein domänenspezifisches Problem zu lösen (Gulacar, Eilks, & Bowman, 2014; Nyachwaya, Warfa, Roehrig, & Schneider, 2014; Yuriev, Basal, & Vo, 2019; Yuriev, Naidu, Schembri, & Short, 2017).

Als möglichen Grund für das unterschiedliche Problemlöseverhalten von Studierenden und Experten, nennen Eriksson et al. (2017) den für Studierende unzureichenden Zugang zu offensichtlichen Dingen einer Domäne . Das inkludiert z. B. den Umgang mit typischen Ressourcen (*Werkzeugen*, *Repräsentationen* und *Aktivitäten*), die essentiell sind, um ein domänenspezifisches Problem zu lösen. Dieses verborgene Expertenwissen und die daraus resultierenden Schwierigkeiten für Studierende beobachten wir insbesondere in angewandten Studiengängen, wie z. B. der Materialwissenschaft. Die Kombination mehrerer Disziplinen (hier Chemie und Physik) erschwert es den Studierenden zusätzlich zu erkennen, welche Ressourcen essentiell sind und wie diese effizient und erfolgreich zur Lösung eines domänenspezifischen Problems genutzt werden können.

Ziel und Forschungsdesign

Da das Bewusstsein für verschiedene domänenspezifische *Werkzeuge*, *Repräsentationen* und *Aktivitäten* und deren reflektierte Nutzung beim Lösen von Problemen grundlegend für die Entwicklung von Expertise innerhalb einer Domäne ist, war es das Ziel des Projektes, Studierenden der Materialwissenschaft Zugang zu dem für sie nicht offensichtlichen Wissen zu verschaffen und somit deren domänenspezifische Expertise zu fördern. Passend dazu wurde in einem Kooperationsprojekt zwischen der Chemiedidaktik und der Physikalischen Chemie eine projektorientierte Lernumgebung entwickelt, implementiert und im Hinblick auf die Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden evaluiert.

Innerhalb der Lernumgebung lernen die Studierenden zunächst typische Ressourcen und deren Anwendung in materialwissenschaftlichen Kontexten kennen. Danach bearbeiten sie selbstständig, in Zweiergruppen, ein aktuelles und authentisches Forschungsprojekt und verwenden dabei typische Ressourcen, wie z. B. die Software FullProf, Modelle von Kristallstrukturen und ein Röntgendiffraktometer. Das Besondere an den Projekten ist, dass die Studierenden lediglich die Forschungsfrage vorgegeben bekommen und die weiteren Forschungsschritte selbstgestalten. Hilfe vom Experten gibt es nur auf Anfrage.

Im Wintersemester 17/18 wurde die Lernumgebung erstmals in einem Bachelormodul mit 6 Studierenden der Materialwissenschaft durchgeführt. Der Fokus der Evaluation lag insbesondere auf der selbstständigen Projektarbeit der Studierenden. Um möglichst tiefe Einblicke in die Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden zu

bekommen, erfolgte die Evaluation im Rahmen eines qualitativen Fallstudiendesigns (Yin, 2017). Die Daten wurden mittels Audio-Diaries (Worth, 2009) begleitend über die gesamte Zeit und Think-Aloud Interviews (Fonteyn, Kuipers, & Grobe, 1993) in der Mitte und am Ende der Projekte erhoben (siehe *Abb. 1*).

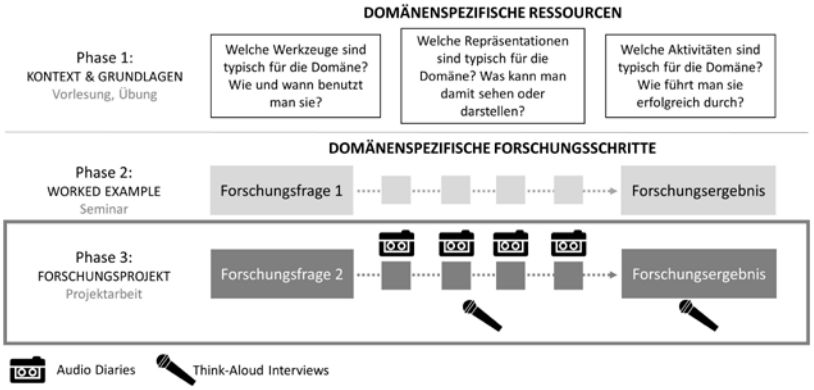


Abb. 1 Die Lernumgebung inklusive Datenerhebung

Datenanalyse und Ergebnisse

Zur Untersuchung der Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden innerhalb der Lernumgebung haben wir sowohl die Veränderung des Bewusstseins der Studierenden für die verwendeten Ressourcen, als auch „produktive Momente" im Problemlöseprozess der Studierenden, qualitativ analysiert. Als Grundlage für diese Analyse dienten die in den Audio-Diaries und Think-Aloud Interviews erhobenen Daten, die zunächst transkribiert und danach mithilfe von MAXQDA kodiert wurden (Saldaña, 2015).

Die Analyse des Bewusstseins der Studierenden, für die in den Projekten verwendeten Ressourcen, erfolgte mithilfe eines Kategoriensystems, welches basierend auf Literatur von Airey & Linder (2009) und Eriksson et al. (2017) entwickelt wurde. Zunächst wurden die verwendeten Ressourcen in den drei Kategorien *Werkzeuge*, *Repräsentationen* und *Aktivitäten* kodiert (Airey and Linder, 2009). Anschließend wurden die unterschiedlichen Ressourcen mit einem der fünf Bewusstseinslevel (*1. Nicht-domänen-spezifisches Bewusstsein*, *2. Identifikation*, *3. Erklärung*, *4. Wertschätzung*, *5. Evaluation*) kodiert, wobei *1.* dem niedrigsten und *5.* dem höchsten Level an Bewusstsein entspricht (Eriksson, Linder, Airey, & Redfors, 2017).

Das Ergebnis der qualitativen Analyse der Daten zeigte, dass alle Studierenden mit einem niedrigen oder mittleren Bewusstsein (*1.*, *2.*, oder *3.* Level) für die unterschiedlichen Ressourcen in die Projekte starten. Im Laufe der Projekte nimmt das Bewusstsein deutlich zu, sodass die Studierenden am Ende der Projekte ein mittleres oder hohes Bewusstseinslevel für die verwendeten Ressourcen erreichen (*3.*, *4.*, oder *5.* Level). Allerdings hat sich das Bewusstsein in den drei analysierten Gruppen unterschiedlich entwickelt. Durch diese unterschiedliche Entwicklung ergab sich die Frage, was genau die Entwicklung des Bewusstseins für die Ressourcen im Problemlöseprozess der Studierenden beeinflusst.

Für eine detaillierte Analyse haben wir deren gesamten Problemlöseprozess mithilfe der Daten aus den Audio-Diaries und den Think-Aloud Interviews (siehe *Abb. 1*) Schritt für Schritt auf „produktive Momente" analysiert, Momente im Problemlöseprozess der Studierenden, in denen wir einen hohen Anstieg des Bewusstseins feststellen konnten. Die Analyse ergab schließlich, dass in den meisten Fällen *Unsicherheit* oder *Misserfolg* im Problemlöseprozess

der Studierenden zu einer Steigerung des Bewusstseins für die verwendeten Ressourcen geführt haben.
Exemplarisch ergab sich zu Beginn des Projektes (die Daten stammen aus dem ersten Audio Diarie) für Gruppe 3 die folgende Situation:

> *„Die erste Herausforderung war, dass es nicht ganz eindeutig war, was durchzuführen ist. (nachdenklich) unklar war (...) an dieser Stelle, es wurde gefragt nach einem Profil-fit (...) unklar war, was dieser Profil-fit sein soll, da wir eigentlich davon ausgegangen sind, dass wir keinen Gesamt-fit über die (...) über das Spektrum machen sollten, [...].“*

Da die Studierenden die Ressource *Profil-fit* (das ist eine typische Aktivität, bei der zuvor gemessene Daten für die weitere Analyse mithilfe einer geeigneten Software aufbereitet werden) zwar erkennen aber unsicher sind, was sie tatsächlich tun sollen, wurden sie auf das Level *1. Nicht-domänen-spezifisches Bewusstsein* eingestuft. Aufgrund des mangelnden Bewusstseins wählen die Studierenden dann die falsche Software zu Aufbereitung der gemessenen Daten und die Datenauswertung läuft in die falsche Richtung. Schließlich muss der Experte eingreifen und die Studierenden auf ihren Fehler hinweisen. Von diesem holprigen Start berichten die Studierenden auch im ersten Interview:

> *„[...] wir [haben] die Messdaten bekommen und die dazugehörige cif-Datei. Hatten da halt etwas Probleme mit den Messdaten, wie wir die auswerten sollen, (...) wir dachten, wir sollen die nur indizieren (lacht). Und (...) sind dann auch nicht so ganz auf Full-Prof draufgekommen, sondern haben das ja alles sehr umständlich über Origin gemacht. [...] Ja und dann kamen wir auch direkt auf den nächsten Schritt, wo uns dann gesagt wurde, dass wir alles mit Full-Prof machen sollen.“*

Im abschließenden Interview sprechen die Studierenden erneut über diese Situation und darüber, dass insbesondere dieser Moment der *Unsicherheit* und der daraus resultierende *Misserfolg* dazu geführt hat, dass sie sich im weiteren Verlauf des Projektes reflektierter und bewusster mit auftretenden Problemen und den zur Lösung verwendeten Ressourcen auseinandergesetzt haben.

> *„Manchmal ist es hilfreich (...), dass man vielleicht nochmal (...) über eine Sache, auch wenn man sie gemacht hat, zwei, drei Mal überlegt, um dann vielleicht nochmal sich zu denken: Hm (nachdenklich) das könnte doch eigentlich noch anders gehen.“*

Fazit
Die detaillierte Analyse der Entwicklung domänenspezifischer Expertise in einem Bachelormodul der Materialwissenschaft hat gezeigt, dass sich Expertise nicht zwangsläufig durch die angeleitete und wiederholte Nutzung domänenspezifischer Ressourcen in verschiedensten Kontexten entwickelt. Entgegen der traditionellen Hochschullehre kann es förderlich sein, bereits Bachelorstudierende eigene Forschungsprojekte durchführen zu lassen. Denn insbesondere Momente der *Unsicherheit* oder *Misserfolge* im Problemlöseprozess der Studierenden, die durch solche Lernumgebungen entstehen können, sind essentiell für die Entwicklung eines experten-ähnlichen Problemlöseverhaltens. Um Frustration sowohl auf Seiten der Studierenden als auch bei den Lehrenden zu vermeiden, ist es wichtig, dass die Studierenden mindestens das Level *2. Identifikation* erreicht haben, bevor sie sich ihren Herausforderungen alleine stellen müssen. Außerdem bietet es sich an den Problemlöseprozess der Studierenden, z. B. mit Hilfe von Audio Diaries, kontinuierlich zu begleiten, um eingreifen zu können, falls es nötig ist.

Literatur

Airey, J., & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of research in science teaching, 46*(1), pp. 27-49.

Airey, J., & Linder, C. (2017). Social semiotics in university physics education. In D. F. Treagust, R. Duit & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 95-122): Springer.

DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction, 10*(2-3), pp. 105-225.

Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (2018). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Eriksson, U., Linder, C., Airey, J., & Redfors, A. (2017). Introducing the anatomy of disciplinary discernment: an example from astronomy. *arXiv preprint arXiv:1703.00269*

Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*: John Wiley & Sons.

Fonteyn, M. E., Kuipers, B., & Grobe, S. J. (1993). A description of think aloud method and protocol analysis. *Qualitative health research, 3*(4), pp. 430-441.

Griffin, P., & Care, E. (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*: Springer.

Gulacar, O., Eilks, I., & Bowman, C. R. (2014). Differences in general cognitive abilities and domain-specific skills of higher-and lower-achieving students in stoichiometry. *Journal of Chemical Education, 91*(7), pp. 961-968.

Lemke, J. L. (1998). *Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions.* Conference on science education in Barcelona.

Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. *Chemistry Education Research Practice, 15*(1), pp. 81-93. doi:10.1039/c3rp00114h

Saldaña, J. (2015). *The coding manual for qualitative researchers* Thousand Oaks, California, USA: Sage Publications Inc.

Worth, N. (2009). Making use of audio diaries in research with young people: Examining narrative, participation and audience. *Sociological Research Online, 14*(4), pp. 1-11.

Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*: Sage publications.

Yuriev, E., Basal, S., & Vo, K. (2019). Developing problem-solving skills in physical chemistry. In M. K. M. D. C. Seery (Ed.), *Teaching Chemistry in Higher Education: A Festschrift in Honour of Professor Tina Overton* (pp. 55-76). Dublin: Creathach Press.

Yuriev, E., Naidu, S., Schembri, L. S., & Short, J. L. (2017). Scaffolding the development of problem-solving skills in chemistry: guiding novice students out of dead ends and false starts. *Chemistry Education Research and Practice, 18*(3), pp. 486-504. doi:10.1039/c7rp00009j

Robert Marten Bittorf
Sascha Schanze

Universität Hannover

Lehren und Lernen Organischer Chemie

Einleitung und Problemstellung

Im Wintersemester 2016/17 wurde in der Vorlesung des Moduls „Organische Chemie I“ (OC-I) der Leibniz Universität Hannover ein *flipped classroom* (FC) Format eingeführt. Zur Evaluation und Begleitung der Implementation des FC, wurde eine Studie im Rahmen einer Fallstudie nach Yin (2003) durchgeführt. Das Modul OC-I ist ein Einführungsmodul in die Thematik der Organischen Chemie und wird für Studierende ab dem 3. Semester empfohlen. Traditionell handelt es sich um eine große Hörerschaft (bis zu 300 Teilnehmer), die aus Studierenden verschiedener Studienfächer zusammengesetzt ist. Die Implementation des FC erfolgte nach der Hälfte des Semesters, sodass Studierende sowohl die klassische als auch veränderte Vorlesung kennenlernen konnten. Die Datenaufnahme erfolgte durch Fragebögen, am Ende des klassischen Vorlesungsformats und am Ende des FCs (N=43, 4-stufige Likert-Skalen), sowie durch Interviews. Diese Aufteilung erlaubte es den Studierenden, beide Formate kennenzulernen und jeweils Stellung zu nehmen. Für die Interviews wurden zehn Studierende an fünf verschiedenen Zeitpunkten, während der Vorlesungszeit und zusätzlich nach der Klausur, befragt (siehe Abb. 1).

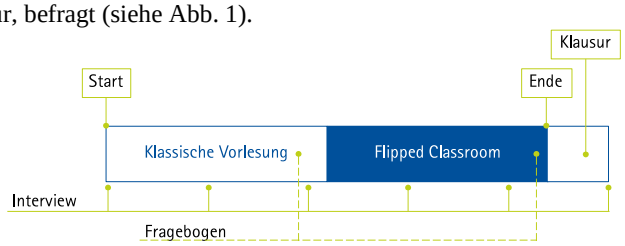


Abb. 1: Ablauf der Datenaufnahme der Vorlesung „Organische Chemie I“.

Sowohl die durch Fragebögen als auch durch Interviews gesammelten Daten zeigten eine insgesamt positive Einstellung der Studierenden (9 von 10 Befragten) gegenüber dem neuen Vorlesungskonzept. Insbesondere die im FC über das E-Learning Management System ILIAS zur Verfügung gestellten Materialien wurden von den Studierenden für das Verständnis (M = 3,1; SD = 0,7) und die Klausurvorbereitung positiv bewertet (M = 2,9; SD = 0,7). Als wertvollstes Angebot für die Klausurvorbereitung wurde von den Studierenden in Fragebögen und Interviews die Übung und das Arbeiten mit Altklausuren beschrieben.
Als weiterer Marker zur Evaluation eines FC, werden häufig Klausurergebnisse hinzugezogen (vgl. Hibbard, Sung, & Wells, 2016; Mooring, Mitchell, & Burrows, 2016). Ein direkter Vergleich der Ergebnisse der ersten OC-I Modul Klausur mit den Ergebnissen Klausur des vergleichbaren Wintersemesters 2014/15, zeigt jedoch keine auffälligen Änderungen: Im Wintersemester 2014/15 bestanden 50 % der Studierenden die erste Klausur, während im Wintersemester 2016/17 45,4 % der Studierenden bestanden.
Vor dieser Datenlage zeigt sich, dass die Implementation des FC in OC-I zwar von den Studierenden positiv wahrgenommen wurde, jedoch auf die Leistung der Studierenden wenig Einfluss zu haben schien. Die in den Fragebögen und Interviews gesammelten Daten deuteten zusätzlich darauf hin, dass sich das Verhalten der Studiereden während des FC nicht wesentlich zu ihrem Verhalten in einer klassischen Vorlesung in Organischer Chemie

unterschied. Jedoch sollte genau im Verhalten der Teilnehmer bzw. Gestalter des FC eine wahrnehmbare Veränderung stattfinden, da sich beide Formate konzeptuell stark voneinander unterscheiden (Flipped Learning Network, 2014; Seery, 2015). Vor diesem Hintergrund wurde für die weitere Analyse der Daten die Perspektive verändert und auf das Verhalten der Studierenden und Dozenten während des Semesters gelegt. Folgende Forschungsfrage wurde abgeleitet:

Wie Verhalten sich die Teilnehmer in einem flipped classroom Format in der Organischen Chemie?

Ziel ist es, mit Hilfe der gesammelten Ergebnisse Einblicke zu gewinnen, die einen Handlungsraum für den Umgang mit Lehrinnovationen aufzeigen. Die Beschreibung dieses Handlungsraums soll auf Variablen aufmerksam machen, um Lehrinnovationen erfolgreich zu gestalten.

Cultural Historical Activity Theory

Als Grundlage zur Untersuchung des Verhaltens der Teilnehmer innerhalb des FCs, wird die *Cultural Historical Activity Theory* (CHAT) verwendet. Begründet von Vygotsky Anfang des 20. Jahrhunderts, wurde dieser Ansatz durch die Arbeiten von Leontyev und Engeström erweitert, um heute in der 3. Generation vorzuliegen (Engeström, 2001; Leontyev, 1978; Vygotsky, 1978). Zentraler Bestandteil der CHAT ist die Tätigkeit eines Individuums bzw. einer Gruppe, wobei der Handelnde nicht direkt mit dem Objekt seiner Tätigkeit interagieren kann, sondern durch den Einsatz eines Instruments vermittelt wird. Seit den Arbeiten von Leontyev ist der Kontext, in welchem die Tätigkeit ausgeführt wird, von Bedeutung. Als Kontext werden dabei Interaktionen zwischen Menschen und ihrer Umgebung verstanden, durch die bestimmte Tätigkeiten eines Individuums Teil einer größeren Handlung sein können und somit anders interpretiert werden müssen. Anschaulich wird dies durch das Aktivitätsdreieck von Engeström dargestellt, welches die Tätigkeit des Individuums mit dem Kontext in Verbindung setzt (Abb. 2):

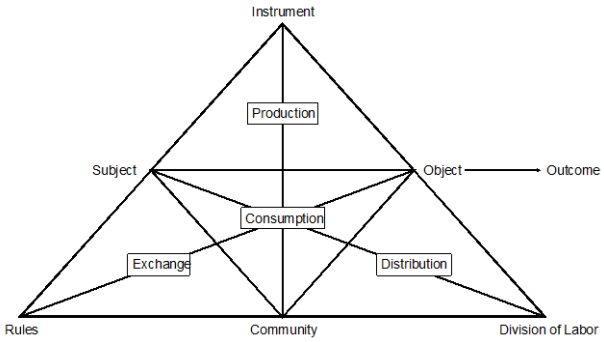


Abb. 2: Die Struktur eines menschlichen Tätigkeitssystems (Engeström, 2015).

In dem hier vorgestellten Einblick in die Begleitstudie des FC in OC-I, werden wir uns auf das oberste Dreieck (*production*) beschränken und die Tätigkeiten der Teilnehmer vor diesem ersten Rahmen analysieren. Dabei sind drei Fragen leitend für die Analyse der Tätigkeit: Wer ist der Ausführende der Tätigkeit (*subject*)? Was ist das Objekt/Motiv der Tätigkeit (*object*)? Wodurch soll die Tätigkeit vermittelt werden (*instrument*)?

Beispielhafte Rekonstruktion einer Tätigkeit

Als Ausführende einer Tätigkeit können die Studierenden, die die Vorlesung OC-I besuchen, definiert werden. Während der Interviews wurden die Studierenden zu ihren Zielen im Modul OC-I befragt. Hieraus wurde das *object* (Objekt) der Tätigkeit abgeleitet. Sie wurden weiterhin gebeten zu beschreiben, wie sie glauben, diese Ziele erreichen zu können, um daraus das *instrument* (Instrument) der Tätigkeit abzuleiten. Beispielhaft soll an dieser Stelle die Entwicklung einer Studentin während des Semesters beschrieben werden (siehe Abb. 3).

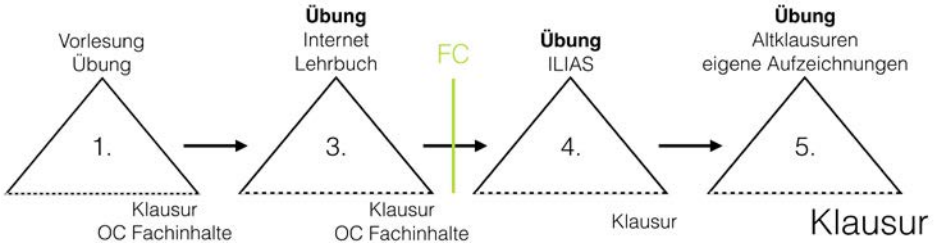


Abb. 3: Rekonstruktion der Tätigkeit einer Studentin über das Semester. Der Nummer des Interviews ist innerhalb des Dreiecks dargestellt.

Bereits im ersten Interview nannte die Studentin als klares Ziel für den Besuch des Moduls OC-I, die Klausur bestehen zu wollen. Ein Verständnis der Organischen Chemie wurde, jedoch erst auf Nachfrage des Interviewers, als „auch schön" geäußert. Um diese Ziele zu erreichen, plante sie über das Semester an der Vorlesung teilzunehmen, sie vor- und nachzuarbeiten und die Übungen „konsequent durchzuziehen". Während des Semesters war zu erkennen, dass sich die von der Studentin eingesetzten Instrumente verändern, wohingegen ihre Ziele zunächst konstant blieben. Die Übung stellte sich als wertvollstes Instrument heraus, während andere Angebote und Medien in ihrer Bedeutung zu- und abnehmen. Bereits im 3. Interview wurde die klassische Vorlesung nicht mehr als Instrument zum Erreichen ihrer Ziele benannt. Während des 4. Interviews erschien der Studentin das Ziel Organische Chemie zu verstehen als nicht mehr erreichbar, sodass das Bestehen der Klausur zum einzigen Ziel wurde. Zusätzlich erschienen die ILIAS Inhalte des neu implementierten FC als wertvolles Instrument. Kurz vor Ende der Vorlesungszeit bestätigte sich das Bestehen der Klausur als einziges Ziel. Ihre gesamte Tätigkeit innerhalb des Moduls OC-I wurde nun darauf ausgerichtet. Dafür ist die Übung weiterhin das wertvollste Instrument, wird jedoch durch den Einsatz von Altklausuren und dem Lernen mit eigenen Aufzeichnungen unterstützt.

Fazit

Das oben angeführte Beispiel veranschaulicht die Rekonstruktion des Verhaltens einer Studierenden mit Hilfe der CHAT und gewährt Einblicke in den Handlungsraum bei der Implementation einer Lehrinnovation. Eine vergleichbare Priorisierung des Ziels „Klausur bestehen" konnte bei anderen Probanden ebenso festgestellt werden: Der Einsatz von Altklausuren wird von 8 der 10 Interviewteilnehmer genannt und gilt insgesamt als wichtigstes Medium zur Klausurvorbereitung ($M = 3{,}5$; $SD = 0{,}8$). Dies ist besonders vor dem Hintergrund bemerkenswert, dass der Dozent als ein wesentliches Modulziel das Verständnis der OC äußert und die Lehrveranstaltung verstärkt darauf ausrichtet. Ohne die Qualität und Passung von Lehrveranstaltungszielen, den Lehr- und Lerngelegenheiten sowie der Klausur an dieser Stelle beurteilen zu können, ist als eine wesentliche Handlungsempfehlung zu formulieren, dass für eine Veränderung von Lehrveranstaltungsformaten genau das erfüllt sein muss. Den Studierenden muss außerdem Gelegenheit gegeben werden, im Laufe der Lehrveranstaltung zu überprüfen, ob er/sie sich im Sinne der Modulziele verbessert. Das anfängliche Verhalten der Studierenden im obigen Beispiel zeigt zumindest das vorhandene Potenzial.

Literatur

Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, *14*(1), 133–156.

Engeström, Y. (2015). *Learning by Expanding - An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research* (2.). New York: Cambridge University Press.

Flipped Learning Network. (2014). Definition of flipped learning. Retrieved March 14, 2018, von https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/

Hibbard, L., Sung, S., & Wells, B. (2016). Examining the Effectiveness of a Semi-Self-Paced Flipped Learning Format in a College General Chemistry Sequence. *Journal of Chemical Education*, *93*(1), 24–30.

Leontyev, A. N. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Prentice Hall.

Mooring, S. R., Mitchell, C. E., & Burrows, N. L. (2016). Evaluation of a Flipped, Large-Enrollment Organic Chemistry Course on Student Attitude and Achievement. *Journal of Chemical Education*.

Seery, M. K. (2015). Flipped learning in higher education chemistry: emerging trends and potential directions. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *758*(16), 758–768.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes*. (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.

Yin, R. K. (2003). *Case Study Research - Design and Methods* (3. Edition). Applied Social Research Methods Series.

Elisabeth Hofer Universität Wien
Anja Lembens

Professionalisierung von Lehrpersonen für Forschendes Lernen − Herausforderungen und Grenzen

Forschendes Lernen (FL) wird seit mehr als zwei Jahrzehnten als wesentlicher und unverzichtbarer Bestandteil eines zeigemäßen naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen (Abrams, Southerland & Evans, 2008; Barron & Darling-Hammond, 2010; NRC, 1996, 2000; Roberts & Bybee, 2014). Um die Umsetzung von FL in der unterrichtlichen Praxis zu fördern, wurde eine Vielzahl an Projekten und Fortbildungsprogrammen gestaltet und angeboten (Gray, 2015; Hazelkorn et al., 2015; Rundgren, 2018). Nichtsdestotrotz wird FL bis heute nur selten bzw. vereinzelt im Unterricht eingesetzt (Capps, Shemwell & Young, 2016; Crawford, 2014; DiBiase & McDonald, 2015; Engeln, Euler & Maass, 2013). Als Gründe hierfür geben Lehrpersonen an, dass FL nicht mit den Lehrplänen sowie den Anforderungen von abschließenden Prüfungen (z.B. Reifeprüfung oder Abitur) vereinbar sei, dass es an entsprechenden Ressourcen und organisatorischen Rahmenbedingungen fehle sowie dass sie selbst sich − auch nach Besuch einschlägiger Veranstaltungen − nicht ausreichend für die Implementierung von FL in den eigenen Unterricht vorbereitet fühlen würden (Anderson, 2002; DiBiase & McDonald, 2015; Hofer, Abels & Lembens, 2018; Hofer, Lembens & Abels, 2016; Wallace & Kang, 2004).

Um Lehrpersonen für die Implementierung von FL in ihren eigenen Klassen entsprechend vorzubereiten, schlagen Capps, Crawford und Constas (2012) vor, Fortbildungsmaßnahmen unter Berücksichtigung folgender neun Merkmale zu gestalten: *Total Time*, *Extended Support*, *Authentic Experience*, *Coherency*, *Develop Lessons*, *Modeled Inquiry*, *Reflection*, *Transference* und *Content Knowledge.* Bei ihrer Analyse von 17 Studien stellten sie fest, dass keines dieser Programme alle neun Merkmale adressierte und vor allem die Merkmale *Authentic Experience* und *Develop Lessons* nur selten Beachtung fanden. Capps, Crawford und Constas (2012) vermuten deshalb, dass diese beiden Merkmale der „missing link in helping teachers enact inquiry-based instruction in their own classrooms" (S. 306) sein könnten. Basierend auf dieser Annahme empfehlen sie, bereits bestehende Fortbildungsangebote derart zu verändern oder zu erweitern, dass eben diesen beiden Merkmalen ein besonderer Stellenwert zukommt.

In diesem Beitrag stellen wir ein Fortbildungsprogramm vor, welches das Merkmal *Develop Lessons* in den Vordergrund rückt, und diskutieren die Herausforderungen und Grenzen, mit denen wir bei der Entwicklung und Umsetzung dieses Programms konfrontiert waren. Außerdem beleuchten wir, inwiefern ein nach Capps, Crawford und Constas (2012) „ideales" Fortbildungsangebot unter den bestehenden Rahmenbedingungen in Österreich verwirklichbar ist.

Das Fortbildungsprogramm

Aufbauend auf die Daten und Erfahrungen aus dem EU FP7-Projekt TEMI (Hofer, Lembens & Abels, 2016) wurde ein Fortbildungsprogramm konzipiert, das darauf abzielte, Lehrpersonen bei der konkreten Umsetzung von FL-Einheiten in ihren eigenen Klassen zu unterstützen. Dazu wurde das Merkmal *Develop Lessons* (Capps, Crawford & Constas, 2012), also das Planen und Entwickeln von Unterrichtseinheiten sowie entsprechenden Materialien für die Umsetzung im eigenen Unterricht, fokussiert. Wie in Abb. 1 dargestellt, wurden im

Rahmen des Fortbildungsprogramms drei FL-Einheiten in Kooperation mit drei Chemielehrerinnen an Gymnasien in Wien geplant, entwickelt, eingesetzt und reflektiert. Die Einheiten umfassten jeweils zwei Unterrichtsstunden, also 100 Minuten, und wurden in Klassen der elften (Einheiten 1 und 2) bzw. zwölften Schulstufe (Einheit 3) eingesetzt.

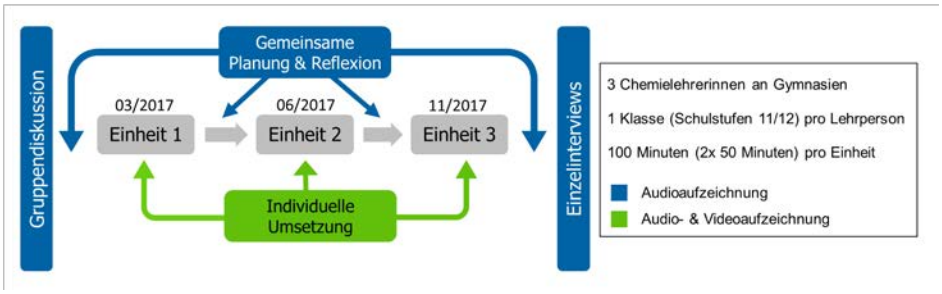


Abb. 1. Design des Fortbildungsprogramms

Um die bei der Planung und Durchführung des Fortbildungsprogramms auftretenden Herausforderungen zu identifizieren und zu analysieren, stehen Daten sowohl aus den gemeinsamen Treffen zur Planung und Reflexion (Audiodaten) als auch aus den drei Unterrichtseinheiten in den Klassen (Audio- und Videodaten) zur Verfügung. Zusätzlich kann auf die Audiodaten der Vorab-Gruppendiskussion und der abschließenden Einzelinterviews mit den teilnehmenden Lehrpersonen zurückgegriffen werden.

Einblick in erste Ergebnisse

Bereits in der Planungsphase stellte sich heraus, dass einige für die Wirksamkeit von Fortbildungsmaßnahmen als besonders förderlich erachtete Merkmale (z.B. Birman, Desimone, Porter & Garet, 2000; Guskey & Yoon, 2009; Lipowsky, 2010) unter den vorliegenden organisatorischen Rahmenbedingungen nur sehr mühsam bzw. eingeschränkt umsetzbar sind. An dieser Stelle möchten wir exemplarisch zwei dieser Merkmale beleuchten.

- Einem beachtlichen Anteil von Lehrpersonen in Österreich ist die Teilnahme an Fortbildungsmaßnahmen nur außerhalb der Unterrichtszeit sowie zu einmaligen Terminen möglich bzw. gestattet. Dadurch finden Fortbildungsprogramme, die über einen längeren Zeitraum (*Total Time*) anberaumt sind und (auch) ganz- bzw. mehrtägige Module einschließen, nur wenig Anklang oder werden von den zuständigen Institutionen erst gar nicht angeboten – mit eben der Begründung, dass sich für solche Programme erfahrungsgemäß nicht ausreichend Interessent*innen finden würden. Dementsprechend wird es deutlich schwieriger, zeitlich (*Total Time*) und auch inhaltlich umfangreichere und tiefergehende (*Content Knowledge*, *Authentic Experience*) Fortbildungsprogramme durchzuführen, die eine zielgerichtete und wirksame Professionalisierung unterstützen.
- Zusätzlich zur zeitlichen Einschränkung ist es häufig nur einer Lehrperson pro Schulstandort erlaubt, ein- und dasselbe Fortbildungsangebot in Anspruch zu nehmen. Infolgedessen ist es für die teilnehmenden Lehrpersonen deutlich schwieriger, sich auch über die Präsenzeinheiten eines Fortbildungsangebots hinaus in professionellen Lerngemeinschaften auszutauschen und weiterzuentwickeln (siehe auch Vescio, Ross & Adams, 2008). Gelegenheiten, gemeinsam an der konkreten Umsetzung von Inhalten der Fortbildungsveranstaltung in den eigenen Unterricht (*Transference*) zu arbeiten sowie über Erfahrungen im Rahmen dieser Umsetzung zu reflektieren (*Reflection*), müssen somit künstlich geschaffen werden, sind nur vereinzelt möglich und bedeuten für die Teilnehmer*innen einen erheblichen organisatorischen Mehraufwand.

Um die spezifischen Herausforderungen von Fortbildungsprogrammen für FL zu diskutieren, möchten wir auf drei der von Capps, Crawford und Constas (2012) genannten Merkmale Bezug nehmen.

Merkmal 1: Develop Lessons
Im Rahmen des Fortbildungsprogramms zeigte sich, dass die teilnehmenden Lehrpersonen – zumindest anfangs – eine sehr feinmaschige Betreuung bei der Planung und Gestaltung von Unterrichtseinheiten für FL benötigten. Herausfordernd dabei war vor allem, das Wissen und die Kompetenzen der Lehrpersonen in mehreren Bereichen (Fachinhalte, Scientific Inquiry, Nature of Science / Nature of Scientific Inquiry) parallel zu entwickeln und mit den allgemeinen Schritten der Unterrichtsplanung (Formulierung von entsprechenden Zielen, rückwärtige Planung einer Lerngelegenheit unter Berücksichtigung des Erkenntnis-gewinnungsprozesses etc.) in Einklang zu bringen.

Merkmal 2: Reflection
Um die Erfahrungen bei der Umsetzung von FL-Einheiten in den eigenen Unterricht entsprechend reflektieren zu können, braucht es einerseits einschlägiges Wissen und Reflexionskompetenz und andererseits entsprechende Zeitressourcen. Im Zuge des Fortbildungsprogramms stellte sich heraus, dass die teilnehmenden Lehrpersonen einen derart dichten Stundenplan hatten, sodass eine Reflexion der umgesetzten Einheiten oft erst nach Unterrichtsende (teilweise sechs bis acht Stunden später) möglich war. Problematisch dabei war, dass die Reflexion dadurch – auch aufgrund der fortgeschrittenen Tageszeit und des bereits absolvierten Tagesarbeitspensums der Lehrpersonen – meist unbegleitet, oft auch unsystematisch und nur rudimentär stattfand. Außerdem wurde sichtbar, dass eine angemessene Reflexion von FL ein hohes Maß an einschlägigem Wissen sowie Kompetenzen der Planung, Durchführung, Beobachtung und Reflexion von Unterricht braucht.

Merkmal 3: Authentic Experience
Capps, Crawford und Constas (2012) geben an, dass zusätzlich zum Merkmal *Develop Lessons* vor allem das Merkmal *Authentic Experience* nur selten in Fortbildungsprogrammen Beachtung findet. Im Rahmen dieses Projekts zeigte sich, dass beim Versuch der Einbindung von *Authentic Experience*, also Erfahrungen im Bereich realer Forschungsprojekte zu ermöglichen, vor allem organisatorische Barrieren auftreten. Abgesehen von mangelnder Zeitressourcen ist es herausfordernd, Kooperationspartner zu finden, die es den Lehrpersonen ermöglichen, entsprechende Erfahrungen in einem gesetzlich gut abgesicherten Rahmen (Versicherung, Haftungsausschluss etc.) zu sammeln. Außerdem ist es für die Wirksamkeit des Fortbildungsprogramms entscheidend, dass die Lehrpersonen beim Sammeln von Forschungserfahrung entsprechend unterstützt und begleitet werden und im Anschluss die Möglichkeit erhalten, diese Erfahrung in ihre unterrichtliche Praxis einfließen zu lassen.

Ausblick und Conclusio
Basierend auf den Erfahrungsberichten dieses Projekts soll in einem nächsten Schritt eine systematische, kategoriengeleitete Auswertung der vorliegenden Daten nach den Kriterien der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) durchgeführt werden. Die im Zuge dieser Analyse gewonnen Erkenntnisse sollen in einem weiteren Schritt zur Konzeption angemessener und zielführender Fortbildungsprogramme für FL verwendet werden.
Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Fortbildung von Lehrpersonen in Österreich nicht länger als notwendiges Übel, sondern als fixer Bestandteil der Berufstätigkeit angesehen werden muss, um entsprechende Rahmenbedingungen für länger andauernde und aufeinander aufbauende Fortbildungsangebote zu schaffen, die eine zielgerichtete und wirksame Professionalisierung von Lehrpersonen für FL ermöglichen.

Literatur

Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2008). Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In Abrams, E., Southerland, S. A. & Silva, P. C. (Hrsg.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities* (S. xi-xlii). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing, Inc.

Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 13*(1), 1-12. DOI: 10.1023/a:1015171124982

Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2010). Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning. In Dumont, H., Istance, D. & Benavides, F. (Eds.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (S. 199-225): OECD Publishing.

Birman, B. F., Desimone, L., Porter, A. C. & Garet, M. S. (2000). Designing professional development that works. *Educational leadership, 57*(8), 28-33.

Capps, D. K., Crawford, B. A. & Constas, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education, 23*(3), 291-318.

Capps, D. K., Shemwell, J. T. & Young, A. M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education, 38*(6), 934-959.

Crawford, B. A. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In Lederman, N. G. & Abell, S. K. (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2, S. 515-541). New York: Routledge.

DiBiase, W. & McDonald, J. R. (2015). Science Teacher Attitudes Toward Inquiry-Based Teaching and Learning. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 88*(2), 29-38. DOI: 10.1080/00098655.2014.987717

Engeln, K., Euler, M. & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science: a comparative baseline study of teachers' beliefs and practices across 12 European countries. *ZDM, 45*(6), 823-836. DOI: 10.1007/s11858-013-0507-5

Gray, P. (2015). An Inquiry into inquiry: EU projects and science education. *INSTEM (Innovation Networks in Science, Technology, Engineering & Mathematics) - Final structured summarizing report about project knowledge.* INSTEM.

Guskey, T. R., & Yoon, K. S. (2009). What works in professional development? *Phi delta kappan*, *90*(7), 495-500.

Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C., Deca, L., Grangeat, M. & Welzel-Breuer, M. (2015). *Science education for responsible citizenship (No. EUR 26893)*. Brussels: European Commission - Research and Innovation.

Hofer, E., Lembens, A. & Abels, S. (2016). Enquiry-based science education in [Country] teacher professional development courses. In Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B. (Hrsg.), *23rd Symposium on Chemistry and Science Education. TU Dortmund University, May 26-28, 2016* (S. 271-278). Dortmund: Shaker Verlag.

Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education - a contradiction? *RISTAL, 1*, 51-65.

Kuckartz, U. (2014). *Qualitative text analysis: A guide to methods, practice and using software*. London: Sage.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf–Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen–Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (pp. 51-72). Münster: Waxmann.

National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*: National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*: National Academy Press.

Roberts, D. A. & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In Lederman, N. G. & Abell, S. K. (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2, S. 545-558). New York: Routledge.

Rundgren, C.-J. (2018). Implementation of inquiry-based science education in different countries: some reflections. *Cultural Studies of Science Education, 13*(2), 607-615.

Vescio, V., Ross, D., & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and teacher education*, 24(1), 80-91.

Wallace, C. S. & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(9), 936-960.

Carina Wöhlke[1] [1]Ruhr-Universität Bochum
Dietmar Höttecke[2] [2]Universität Hamburg

Professionelle Unterrichtswahrnehmung und fachdidaktisches Wissen

Physikspezifische professionelle Unterrichtswahrnehmung

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung ist eine situationsspezifische Fähigkeit von Lehrkräften, welche zwischen den Dispositionen und der Performanz mediiert (Blömeke, Gustaffson, Shavelson 2015). Die drei Teilprozesse dieser Fähigkeit – *Perception*, *Interpretation*, *Decision Making* – werden demnach von kognitiven und affektiv-motivationalen Aspekten wie beispielsweise Wissen, Erfahrungen und Einstellungen beeinflusst. Die Performanz der Lehrkräfte entscheidet zu einem wesentlichen Teil über den Lernerfolg der Lernenden (Hattie, 2014).

Bezogen auf den Physikunterricht sollten (angehende) Lehrkräfte insbesondere Situationen wahrnehmen, die … (in Anlehnung an Scholten, Höttecke, Sprenger 2018)

- … Hinweise auf das Lernen von Lernenden liefern,
- … physikalische Konzepte, Begriffe oder Erkenntnisgewinnung betreffen,
- … physikdidaktisch relevante Aspekte berühren,
- … für das Physiklernen zentral sind und
- … eine Entscheidung der Lehrkraft erfordern.

In solchen Situationen können sich Lernende beispielsweise (nicht) angemessen zu Konzepten, Begriffen oder Erkenntnisgewinn äußern, unterhalten sich (nicht) über fachbezogene Themen oder nehmen (nicht) aktiv und motiviert am Unterricht teil.

Verschiedene Unterrichtsziele fordern dabei unterschiedliche Foki auf einen oder mehrere dieser Aspekte. Stimuli müssen drei Filter passieren, damit sie für Lehrkräfte handlungsrelevant werden: (1) Ein Stimulus kann von der Lehrkraft bemerkt werden, (2) dann kann Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet werden und (3) anschließend kann der Stimulus ins Bewusstsein der Lehrkraft dringen (Lamme, 2003). In dieser Studie konzipieren wir die professionelle Unterrichtswahrnehmung als Wechselwirkung zwischen der Lehrkraft, die unter Handlungsdruck steht, und der Situation, welche theoretisch hergeleitete kritische Merkmale aufweist. Die allgemeine professionelle Unterrichtswahrnehmung wurde im Interesse der vorliegenden Studie eingeschränkt auf eine physikspezifische professionelle Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte im Physikunterricht bezüglich Situationen, in denen Schülervorstellungen oder Erkenntnisgewinnung von Lernenden offenbar werden. Die Förderung der Fähigkeit der professionellen Unterrichtswahrnehmung in diesem Sinne ist eine der zentralen Aufgaben vor allem praxisnaher Phasen in der Lehrkräfteausbildung. Zu diesem Zwecke ist ein Instrument zur Erfassung der physikspezifischen professionellen Unterrichtswahrnehmung notwendig.

Forschungsfrage

Diese Studie geht daher der Forschungsfrage nach, ob die physikspezifische professionelle Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte mithilfe eines Online-Surveys – bestehend aus videobasierten Stimuli und einem zum Teil geschlossenen Fragebogen – valide gemessen werden kann.

Zur Prüfung der Validität werden folgende Arbeitshypothesen aufgestellt:

H01: Die professionelle Unterrichtswahrnehmung von angehenden Physiklehrkräften und von angehenden Geographielehrkräften unterscheidet sich signifikant voneinander.

H02: Die professionelle Unterrichtswahrnehmung von angehenden Physiklehrkräften verändert sich im Studienverlauf signifikant.

Das Instrument

Ziel dieser Studie ist ein validiertes Messinstrument zur Erfassung der physikspezifischen professionellen Unterrichtswahrnehmung von angehenden Physiklehrkräften, welches aus Videovignetten und einem geschlossenen Fragebogen mit 38 Items besteht. Dieses soll durch Außenkriterien wie dem fachdidaktischen Wissen und durch die Prüfung konstruktimmanenter Annahmen validiert werden (H01, H02). Das Instrument besteht je Testperson aus zwei Videovignetten (vgl. Wöhlke & Höttecke, 2017) mit dem in einer Vorstudie entwickelten geschlossenen Fragebogen (ausführliche Darstellung der Entwicklungsarbeit vgl. Wöhlke & Höttecke, 2018). Zusätzlich werden demographische Daten erhoben (u.a. werden Informationen zu Lehrerfahrungen und Studium). Außerdem wird ein Übungsvideo zur Verkehrssicherheit eingesetzt, mit welchem die Testpersonen den Umgang mit dem Instrument an einer analogen, Situation üben, die inhaltlich von der Testsituation unabhängig ist.

Die Testpersonen haben die Aufgabe, das Video an Stellen, in denen Schülervorstellungen oder Erkenntnisgewinnung lernrelevant scheinen, unmittelbar anzuhalten und anschließend ihre Wahrnehmung anhand der Distraktoren und dem Attraktor als Ordered Multiple Choice single select zu benennen oder ihre Beobachtung als offene Antwort zu geben, wenn ihnen keine der Antwortoptionen passend erscheinen sollte (siehe Abb. 1).

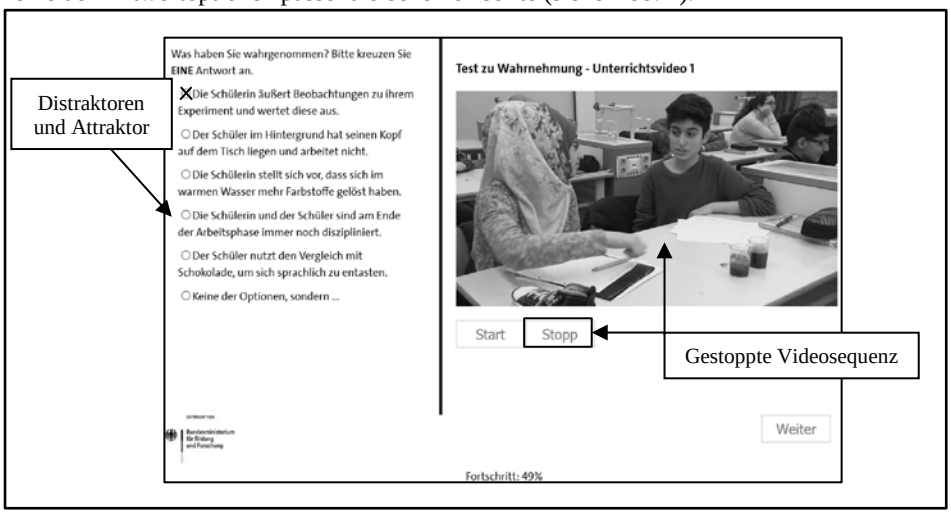


Abb. 1: Benutzeroberfläche zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung

Die Distraktoren des Fragbogens sind entweder falsch in Bezug auf die Aufgabenstellung, behandeln also statt Schülervorstellungen und Erkenntnisgewinn Aspekte wie Classroom Management oder andere didaktische Aspekte wie Sprache im Physikunterricht. Oder aber die Disktraktoren sind auf inhaltlicher Ebene falsch, betreffen zwar Schülervorstellungen oder Erkenntnisgewinnung, sind aber kontrafaktisch (vgl. Abb. 1). Die Testpersonen geben abschließend Selbstauskunft zum Fachwissen bezüglich der in den Videos behandelten Themen und bearbeiten Skalen zu fachdidaktischen Konzepten und Experimentieren aus dem fachdidaktischen Wissenstest des Projektes Profile-P (Gramzow, 2015).

Ergebnisse und Diskussion

Die Stichprobe wurde quasi-längsschnittlich angelegt und ergibt einen Umfang von N = 160 Studierenden verschiedener Universitäten, Semester und Fächer. Für das Physiklehramt untypisch ist der Anteil weiblicher Teilnehmenden etwas erhöht (63,7%). Dieser hohe Anteil an Studentinnen ist nur für den Studiengang Sekundarstufe I typisch und kann somit nicht als repräsentativ für die Gesamtheit der Studierenden gelten (Düchs & Ingold, 2017). Die Daten

des Instruments wurden mit einer IRT-Skalierung analysiert. Gemäß des Multiple-Choice-Designs wurde zunächst ein fünfstufiges Partial-Credit-Modell an die Daten angelegt. Die Ergebnisse zeigen, dass 151 Testpersonen aufgrund ihrer erbrachten Leistung berücksichtigt werden können und 19 der 38 Items mit einem nur dreistufigen Partial-Credit-Modell konform sind (EAP–Reliabilität 0.698). Durch die Reduktion auf drei Stufen, verliert das Instrument an Informationen über die professionelle Unterrichtswahrnehmung, besteht dafür aber aus 38 zum Modell passenden Items.

Die Personenfähigkeiten und Kategorienschwierigkeiten der IRT-Skalierung zeigen, dass der Test für die Stichprobe eher schwer ist, wobei aber nicht auszumachen ist, dass einer der beiden Aspekte (Schülervorstellungen und Erkenntnisgewinnung) schwieriger ist. Analysen bezüglich der Abhängigkeit beziehungsweise der Zusammenhänge zu anderen Variablen haben zur Validierung des Tests beigetragen: Die physikspezifische professionelle Unterrichtswahrnehmung korreliert schwach mit dem physikdidaktischen Wissen ($\tau = 0.113, p = 0.049$), mit dem selbst eingeschätzten Wissen auf universitärem Niveau zu den Fachthemen in den Videos ($\tau = 0.153, \mathrm{p} = 0.007$) und mit dem Wissen über die didaktischen Themen in den Videos ($\tau = 0.145, \mathrm{p} = 0.011$). Das bedeutet, dass diejenigen mit hohem Wissen tendenziell besser wahrnehmen. Die Zusammenhänge sind allerdings zu schwach, um von einer konvergenten Validität zu sprechen. Neben diesen Korrelationen konnten die Analysen des Tests eine signifikante Abhängigkeit vom Fach und Studiengang nachweisen, was die Hypothese H01 bestätigt. Es ergeben sich signifikante Unterschiede der professionellen Unterrichtswahrnehmung bezüglich der Fächer Physik und Geographie und bezüglich der Studiengänge Lehramt für Gymnasien und Berufsschulen. Die vermutete Abhängigkeit (H02) vom Fortschritt im Studium konnte allerdings nicht bestätigt werden. Das bedeutet, dass für das Wahrnehmen relevante Inhalte und Fähigkeiten über den Studienverlauf keine systematische Progression erfahren, Lerngelegenheiten sich eher unsystematisch über das gesamte Studium verteilen und professionelle Unterrichtswahrnehmung während der universitären Lehramtsausbildung nur in geringem Maße gefördert wird. Des Weiteren hängt die physikspezifische professionelle Unterrichtswahrnehmung nicht von der Hochschule ab, an der die Testpersonen studiert haben und getestet wurden. Die Auswahl an Videovignetten, die die Testpersonen gesehen haben und auf deren Grundlage demnach die Fähigkeit bewertet wurde, hat ebenfalls keinen signifikanten Einfluss (vgl. Tab. 1).

Prof. UW.	Variable		Signifikanz
Korrelationen			
	θ_{FD}	τ = 0.113	0.049
	Decision Making	τ = 0.370	<0.001
	Selbsteinschätzung Uniphysik	τ = 0.153	0.007
	Selbsteinschätzung Unididaktik	τ = 0.145	0.011
Kruskal-Wallis			
	Fach	χ^2 = 7.592	0.023
	Physik ~ Geographie	z = 2.753	0.018 adj.
	Semester	χ^2 = 0.009	0.925
	Studiengang	χ^2 = 7.800	0.050
	LaGym ~ LABS	z = 2.572	0.061 adj.
	Hochschule	χ^2 = 2.079	0.354
	Video_x	χ^2 = 2.235	0.327

Tab. 1: Zusammenfassung der Abhängigkeiten und Zusammenhänge bezüglich der professionellen Unterrichtswahrnehmung

Literatur

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015): Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), S. 3–13.

Düchs, G. & Ingold, G.-L. (2017). Physik hält Kurs. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2017. Physik Journal 16, Nr. 8/9, S. 28–33.

Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik, Modellierung und Testkonstruktion. Berlin: Logos.

Hattie, J. (2014). Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von "Visible Learning" besorgt von Beywl, W. und Zierer, K. (2., korrigierte Auflage). Baltmannweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Lamme, V. (2003). Why visual attention and awareness are different. Trends in Cognitive Sciences, 7(1), S. 12–18.

Scholten, N., Höttecke, D., & Sprenger, S. (2018). Conceptualizing Geography Teachers` Subject-Specific Noticing during Instruction. European Journal of Geography, 9(3), S. 80–97.

Wöhlke, C. & Höttecke, D. (2017). Development of an instrument for identifying pre-service physics teachers' noticing. Paper presented at the ESERA conference 21st-25th August 2017 in Dublin, keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_0516_paper.pdf (14.09.2017).

Wöhlke, C. & Höttecke, D. (2018). Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften – Instrumentenentwicklung. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen (S.58-61). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017.

Christoph Vogelsang[1] [1]Universität Paderborn
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Christoph Kulgemeyer[3] [3]Universität Bremen
Josef Riese[4] [4]RWTH Aachen

Wie entwickeln sich Wissen und Fähigkeiten im Physiklehramtsstudium?

David Buschhüter[2], Patrick Enkrott[2], Maren Kempin[3], Peter Reinhold[1], Horst Schecker[3], Jan Schröder[4]

Ziele und Forschungsfragen

Zentrales Ziel eines Lehramtsstudiums ist der Erwerb professionellen Wissens, das angehende Lehrkräfte dazu befähigen soll, berufliche Anforderungen adäquat zu bewältigen. Um derartige Fähigkeiten schon in der ersten Ausbildungsphase zu entwickeln, wurden bundesweit zunehmend längere Praxisphasen ins Lehramtsstudium integriert, in den meisten Bundesländern in Form eines Praxissemesters (Weyland & Wittmann, 2015). Trotz Gestaltungsunterschieden auf Detailebene sind Praxissemester meist sehr ähnlich strukturiert. Angehende Lehrkräfte werden in spezifischen Lehrveranstaltungen auf diese Praxisphase vorbereitet. Im Praxissemester verbringen sie vier Tage in der Woche an einer Praktikumsschule, in denen sie im Unterricht hospitieren, eigenständigen Unterricht planen und durchführen oder weitere Elemente des Schullebens kennenlernen und reflektieren sollen. Dabei werden sie von schulischen Mentorinnen und Mentoren begleitet. Einen weiteren Wochentag absolvieren die Studierenden begleitende Veranstaltungen, die entweder von den Universitäten oder von Studienseminaren verantwortet werden. An vielen Universitäten werden dabei spezifische Veranstaltungen für jedes studierte Fach und die Bildungswissenschaften angeboten. Wesentliche Ziele des Praxissemesters sind dabei die Verbindung von (universitärer) Theorie und (schulischer) Praxis und der Aufbau erster unterrichtspraktischer Fähigkeiten.
Bezogen auf das Fach Physik sind dabei allerdings noch einige Fragen ungeklärt:

- Wie entwickeln sich professionelles Wissen und unterrichtspraktische Fähigkeiten im Rahmen eines Praxissemesters?
- Wie entwickeln sich Facetten des Professionswissens im Studienverlauf vor dem Praxissemester? Setzt sich ein Aufbau professionellen Wissens im Praxissemester kontinuierlich fort?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Aspekten professionellen Wissens und unterrichtspraktischen Fähigkeiten?
- Inwieweit ist (universitär erworbenes) professionelles Wissen eine Voraussetzung für die Entwicklung von unterrichtspraktischen Fähigkeiten im Praxissemester?

Im Rahmen des Projekts Profile-P+ wollen wir einen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen leisten.

Theoretischer Rahmen

Zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Aspekten professionellen Wissens und unterrichtlichen Handlungen von angehenden Physiklehrkräften können verschiedene theoretische Ansätze herangezogen werden. Nach dem Kontinuumsmodell von Blömeke, Gustafson & Shavelson (2015) wird professionelle Kompetenz von Lehrkräften als mehrdimensionales Konstrukt verstanden, dessen Dimensionen in spezifischer Weise zusammenhängen. Es beinhaltet Dispositionen wie das professionelle Wissen, die wiederum

eine Ressource für situationsspezifische Fähigkeiten (z.B. die professionelle Wahrnehmung von Lehrsituationen) bilden. Das Zusammenspiel derartiger Fähigkeiten wiederum ermöglicht es Lehrkräften, in einer beruflichen Situation adäquat zu handeln, also Performanz zu zeigen. In Forschungsarbeiten wird professionelles Wissen dabei in Anlehnung an Shulman (1986) meist in die drei Subdimensionen fachliches Wissen, fachdidaktisches Wissen bzw. *pedagogical content knowledge* (PCK) oder pädagogisches Wissen unterschieden. Der Zusammenhang von professionellem Wissen und beruflichem Handeln zeigt sich daher im inneren Zusammenhang des Kompetenzkonstrukts selbst.
Einen anderen Ansatz bildet das *Refined Consensus Model of PCK* (Hume, Cooper & Borowski, 2019). Es unterscheidet verschiedene Klassen von PCK, die hierarchisch zusammenhängen. Eine Lehrperson verfügt demnach über *collective* PCK. Dies repräsentiert eine Form eines von verschiedenen Personen geteilten Wissens, wie es z.B. in universitären Lehrveranstaltungen erworben werden kann. Es beeinflusst das *personal* PCK einer Lehrperson, das spezifisch auf bestimmte fachliche Inhalte, Kontexte und Lerngruppen bezogen ist. Das Handeln einer Lehrkraft in einer beruflichen Anforderungssituation wird mit dem Begriff des *enacted* PCK beschrieben, also einer Form von Wissen, das in der Handlung sichtbar wird. Der Zusammenhang zwischen professionellem Wissen und Handeln besteht im Sinne des Modells im Zusammenhang von *collective* oder *personal* PCK und *enacted* PCK. Beide Ansätze ähneln sich, nehmen aber auch leicht unterschiedliche Wirkmechanismen zwischen den einzelnen Bestandteilen an.

Stand der Forschung
Zur Entwicklung des professionellen Wissens von angehenden Physiklehrkräften im Studienverlauf liegen Ergebnisse hauptsächlich aus Querschnittsstudien vor (z.B. Sorge, Kröger, Petersen & Neumann, 2019; Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Fortgeschrittene Studierende weisen demnach ein höheres professionelles Wissen auf als Studierende am Beginn der Bachelorphase. Sorge, Keller, Petersen & Neumann (2018) konnten in einer Längsschnittstudie über ein Studienjahr ebenfalls signifikante Zunahmen im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen nachweisen. Es fehlt allerdings an Untersuchungen, die die Entwicklung des professionellen Wissens über einen längeren Studienverlauf in diesen beiden Facetten kontinuierlich betrachten.
Auch zur Entwicklung von Wissen und Fähigkeiten im Verlauf des Praxissemesters liegen wenige Befunde vor. Studien zu Praxisphasen beruhen meist auf Selbstauskünften und unterscheiden sich stark in den untersuchten Variablen, Kontexten und Untersuchungsansätzen (Besa & Büdcher, 2014). In Untersuchungen, die professionelles Wissen mit proximalen Methoden erfassten (z.B. Leistungstests, Vignetten), konnten im Praxissemester längsschnittlich leichte Zuwächse pädagogischen Wissens festgestellt werden (Seifert, Schaper & König, 2018; Mertens & Gräsel, 2018). Es liegen erste Hinweise zu positiven Veränderungen physikdidaktischen Wissens vor (z.B. Joswig & Riese, 2019). Studien, die die Entwicklung von Fähigkeitsaspekten mit eher proximalen Methoden untersuchen, ergaben längsschnittlich keine bis leicht positive Entwicklungen bzgl. der Reflexionsfähigkeit (Volmer et al., 2019; Mertens & Gräsel, 2018; vgl. Windt & Rumann, 2016) und der Planungsfähigkeit angehender Lehrkräfte (Franken & Preisfeld, 2019). Ein Desiderat sind Untersuchungen, die die Entwicklung von Wissen und *Fähigkeiten* gemeinsam betrachten. Zur Frage, inwiefern professionelles Wissen und unterrichtspraktische Fähigkeiten angehender Physiklehrkräfte zusammenhängen, ist die Befundlage inkonsistent (vgl. Kulgemeyer & Riese, 2018; Vogelsang & Cauet, 2017).

Design und Methode
Um die beschriebenen Forschungsfragen zur Genese professionellen Wissens und zu seinem Zusammenhang mit unterrichtlichen Handlungsanforderungen zu untersuchen, werden im Projekt Profile-P+ zwei Kohorten Physiklehramtsstudierender längsschnittlich analysiert. Zum einen wird das professionelle Wissen (fachliches, fachdidaktisches, pädagogisches Wissen) von Studierenden des Bachelorlehramtsstudiengangs Physik an elf Hochschulen in Deutschland und einer Hochschule in Österreich zu drei Messzweitpunkten im Verlauf der ersten fünf Semester mit Hilfe standardisierter *paper-pencil*-Tests erfasst. Zum anderen werden das professionelle Wissen und die Fähigkeiten bezogen auf drei zentrale Anforderungssituationen des Lehrerberufs (Planung von Physikunterricht, Reflexion von Physikunterricht, Erklären von Physik) vor und nach dem Praxissemester an vier Universitäten in Deutschland erhoben. Zur Erfassung der Fähigkeiten wurden Performanztests entwickelt und validiert (Vogelsang et al., 2019). Um die notwendige Vergleichbarkeit herzustellen, beziehen sich alle Instrumente auf den Inhaltsbereich der Mechanik.

Übersicht über die Beiträge aus dem Projekt Profile-P+
In den nachfolgend aufgeführten Beiträgen werden vorläufige Analyseergebnisse des Projekts Profile-P+ (Stand: September 2019) dargestellt. Der Fokus liegt auf Analysen zur längsschnittlichen Entwicklung von professionellem Wissen und/oder Fähigkeiten in drei zentralen Anforderungsbereichen des Physiklehrerberufs:

- Enkrott, P.; Buschhüter, D.; Spoden, C. Fischer, H. & Borowski, A. (in diesem Band). Fachwissensentwicklung von Lehramtsstudierenden der Physik.
- Schröder, J., Vogelsang, C. & Riese, J. (in diesem Band). Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden
- Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (in diesem Band). Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden
- Kulgemeyer, C., Vogelsang, C. & Kempin, M. (in diesem Band). Wirkung von Professionswissen und Praxiserfahrung auf Erklärfähigkeit
- Buschhüter, D., Mutschler, T., Schröder, J., Riese, J. & Borowski, A. (in diesem Band). Basismodelle in Unterrichtsplanungen im Praxissemester Physik

Ausblick
Im Gesamtprojekt Profile-P+ werden auf Basis dieser vorläufigen Analysen weitere Auswertungsschritte vorgenommen. Zum einen betrifft dies weitere Anpassungen von Kodiersystemen, um die Reliabilität der Performanztestergebnisse zu erhöhen. Zum anderen werden Analysen vorgenommen, die sämtliche erfassten Variablen zur Untersuchung von Entwicklungsprozessen gerade im Praxissemester zusammen betrachten.
Als wesentliches Ziel der nachfolgenden Projektphase wird zudem der Transfer der entwickelten Instrumente in die Lehr- und Prüfungspraxis angestrebt. Hierfür werden die Instrumente so aufbereitet, dass sie von interessierten Hochschullehrenden selbstständig verwendet werden können.

Hinweis
Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005A-D).

Literatur

Besa, K. S. & Büdcher, M. (2014). Empirical evidence on field experiences in teacher education: A review of the research base. In K-H. Arnold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg.), *Schulpraktika in der Lehrerbildung. Theoretische Grundlage, Konzeptionen, Prozesse und Effekte* (S. 129-145). Münster: Waxmann

Blömeke, S., Gustafsson, J., & Shavelson, R. (2015). Beyond dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13.

Franken, N., & Preisfeld, A. (2019). Reflection-for-action im Praxissemester. Planen Studierende Experimentalunterricht fachlich reflektiert?. In M. Degelin, N. Franken, S. Freund, S. Greiten, D. Neuhaus & J. Schellenbach-Zell (Hrsg.), *Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung. Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 247-258). Bad Heilbrunn: Klinckhardt

Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Eds.). (2019). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge*. Singapore: Springer.

Joswig, A-K. & Riese, J. (2019). Die Veränderung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Seminar . In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 141-144). Regensburg: Universität Regensburg

Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2018). From professional Professional knowledge Knowledge to professional Professional performancePerformance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 2018, 1 – 26.

Mertens, S., & Gräsel, C. (2018). Entwicklungsbereiche bildungswissenschaftlicher Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(6), 1109-1133.

Riese, J., Gramzow, Y., & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 99-112.

Seifert, A., Schaper, N. & König, J. (2018). Bildungswissenschaftliches Wissen und Kompetenzeinschätzungen von Studierenden im Praxissemester: Veränderungen und Zusammenhänge. In J. König, M. Rothland & N. Schaper (Hrsg.), *Learning to practice, Learning to reflect?. Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung* (S. 325-347). Wiesbaden: Springer VS.

Shulman, L. (1986): Those Who Understtand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–-14.

Sorge, S., Keller, M., Petersen, S. & Neumann, K. (2018). Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S. 114–-117). Regensburg: Universität Regensburg.

Vogelsang, C., Bowoski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H. & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik - Analysen zu valider. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65 (4), 473-491.

Vogelsang, C. & Cauet, E. (2017). Wie valide sind Professionswissenstests? - Zum Zusammenhang von erfasstem Wissen, Unterrichtshandeln und Unterrichtserfolg. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 77–96). Berlin: Logos.

Volmer, M., Pawelzik, J., Todorova, M. & Windt, A. (2019). Reflexionskompetenz von Sachunterrichtsstudierenden im Praxissemester. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 321-324). Regensburg: Universität Regensburg

Weyland, U. & Wittmann, E. (2015): Langzeitpraktika in der Lehrerausbildung in Deutschland. Stand und Perspektiven. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15 (1), 8-21.

Windt, A. & Rumann, S. (2016). EuLe: Planung, Durchführung & Reflexion von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 276-280). Regensburg: Universität Regensburg

Patrick Enkrott[1]
David Buschhüter[1]
Christian Spoden[2]
Hans E. Fischer[3]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Deutsches Institut für Erwachsenenbildung
[3]Universität Duisburg-Essen

Entwicklung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte

Gemeinsam mit dem fachdidaktischen Wissen stellt das Fachwissen eine zentrale Komponente des Professionswissens von Physiklehrkräften dar (Baumert & Kunter, 2010; Deng 2007). Das Refined Consensus Modell of Pedagogical Content Knowledge (RCM of PCK) (Hume, Cooper, &, Borowski, 2019) fügt diese Komponenten zu einem schlüssigen Gesamtbild zusammen. Überträgt man dieses Modell in den deutschsprachigen Raum, wird deutlich, dass sowohl fachliches- als auch fachdidaktisches Wissen für das Reflektieren und Planen des Unterrichts sowie für das unterrichtliche Handeln selbst als bedeutsam angesehen werden können (Kulgemeyer, 2016). Unklar bleibt jedoch wie sich fachliches- und fachdidaktisches Wissen im Laufe der universitären Lehramtsausbildung in der Physik entwickeln. Bisher liegen in diesem Bereich nur Quasilängsschnitte vor. Längsschnittliche Untersuchungen fehlen hingegen zumeist (Grangeat, 2016; Sorge, Kröger, Petersen, & Neumann, 2017; Vogelsang & Woitkowski, 2017; Woitkowski, 2015). Eine Einsicht in Entwicklungsverläufe des Fachwissens von Studierenden würde es ermöglichen, fachdidaktische und fachliche Veranstaltungen inhaltlich adäquat aufeinander zu beziehen, wird doch gerade das Fachwissen als notwendige Voraussetzung für den Erwerb fachdidaktischen Wissens angesehen (Baumert & Kunter, 2006; Friedrichsen et al., 2008). Dazu ist es notwendig die Entwicklung und den Zusammenhang zwischen fachlichem- und fachdidaktischem Wissen differenziert zu betrachten (Riese et al., 2015; Woitkowski, 2015).
Insbesondere wird das Fachwissen in dieser Studie als dreidimensionales Konstrukt aufgefasst und orientiert sich damit an der ProfiLe-P Studie und den Vorarbeiten von Riese (2009). Das Fachwissen wird dementsprechend in die Facetten des Schulwissens (SW), vertieften Schulwissens (VSW) und universitären Wissens (UW) unterteilt (Enkrott et al. 2019; Gigl et al. 2015). In diesem Rahmen beschreibt das Schulwissen jenes Wissen, das ein explizierter Teil der unterschiedlichen Schulcurricula ist. So zeichnet sich das UW insbesondere dadurch aus, dass die verwendeten mathematischen und/oder physikalischen Inhalte bzw. Methoden eher der universitären Bildung zuzuordnen sind. Sowohl die Notwendigkeit zur Nutzung von Differentialgleichungen (eher universitäre Mathematik) in der newtonschen Dynamik (zunächst schulische Physik) als auch der Bernoulli-Gleichung (eher universitäre Physik) würden zur Zuordnung einer Aufgabe zum UW führen, auch wenn bei letzterem keine fortgeschrittene Mathematik angewandt werden müsste. Das vertiefte Schulwissen als theoretisch definierte Facette des Fachwissens lässt sich hingegen nicht über seinen Inhalt beschreiben, sondern über operationsbezogene Fähigkeiten. So beinhaltet es 1. den sicheren Umgang mit Modellgrenzen, 2. das Erkennen von Herleitungs- und Lösungsansätzen, sowie 3. das Identifizieren von Gemeinsamkeiten und Unterschieden physikalischer Entitäten (Enkrott et al. 2018; Gigl et al. 2015). Es ist kein expliziter Teil der universitären Ausbildung.

Forschungsfragen

Aus diesem Zusammenhang ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Wie entwickelt sich das Fachwissen angehender Physiklehrkräfte über das Studium in den postulierten Facetten (SW, VSW, UW)?
2. Wie entwickelt sich das fachdidaktische Wissen angehender Physiklehrkräfte über das Studium?
3. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen fachlichem und fachdidaktischem Wissen?

Methode

Zur Erhebung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens wurden schriftliche Leistungstest verwendet und weiterentwickelt, die aus einer früheren Phase des Profile-P+ Projekts stammen (Riese et al., 2015, Vogelsang et al., 2019). Der Fachwissenstest besteht aus 45 Items und ist für eine Bearbeitungszeit von 50 Minuten konzipiert. Der Fachdidaktiktest besteht aus 43 Items und ist für eine Bearbeitungszeit von 65 Minuten ausgelegt. Zusätzlich wurden mit beiden Instrumenten demografische Variablen wie belegte Kurse und schulische Vorbildung erhoben. Beide Instrumente wurden längsschnittlich im Bachelorstudium zum ersten, dritten und fünften Semester an elf Hochschulen eingesetzt. Zusätzlich wurde im Masterstudium vor und nach dem Praxissemester an vier Hochschulen erhoben. Das mittlere Alter der Probanden zum ersten Semester beträgt 20.79 Jahre (SD = 3.79) und 69% der Stichprobe sind männlich. Zur Analyse der Daten wurde das Verfahren nach Hartig und Kühnbach (2006) verwendet. Dabei werden Plausible Values (Wu, 2005) auf Basis eines mehrdimensionalen Rasch-Modells geschätzt, um die Veränderung der Personenfähigkeiten im Längsschnitt abbilden zu können. Die EAP-PV-Reliabilitäten liegen für beide Tests (Fachwissen und Fachdidaktik) mit $rel_{\text{EAP-PV}} = .65$ bis $rel_{\text{EAP-PV}} = .85$ für alle Zeitpunkte und Facetten im akzeptablen bis sehr guten Bereich.

Ergebnisse

Im Bachelorstudium sind insbesondere vom ersten bis zum dritten Semester große Zuwächse mit ausgeprägten Effektstärken über d > 1 zu verzeichnen (Abb. 1). In der zweiten Hälfte des Bachelorstudiums ist lediglich der Zuwachs des vertieften Schulwissens nicht ausgeprägt (d = 0.98 (SW), d = 0.96 (UW), d = 0.16 (VSW). In der zweiten Stichprobe (Masterstudium) können über das Praxissemester ebenfalls deutliche Veränderungen verzeichnet werden, wobei die Effektstärken zwischen d= 0.69 und 0.84 ausfallen.

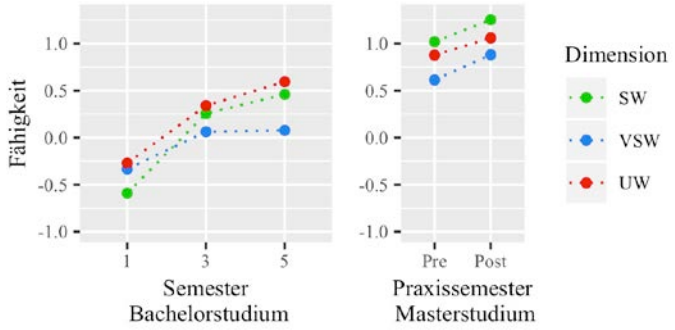


Abb.1, Fachwissensentwicklung Bachelor- N = 138 (links) und Masterstudium N = 80 (rechts)

Ein ähnliches Bild ergibt sich für das fachdidaktische Wissen, das zu jedem Messzeitpunkt große Zuwächse verzeichnet (Abb. 2). Die Effektstärken liegen zu allen Messzeitpunkten ebenfalls im hohen Bereich $d > 1$.

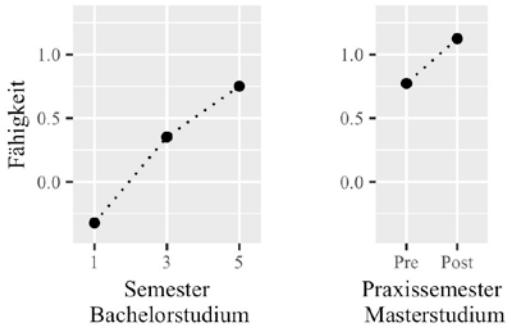


Abb. 1, Entwicklung fachdidaktisches Wissen im Bachelor- N = 77 (links) und Masterstudium N = 63 (rechts)

Die um die jeweiligen Reliabilitäten korrigierten Korrelationen zwischen beiden Konstrukten liegen zu allen Messzeitpunkten mit $r = .27$ bis $r = .71$ im mittleren bis großen Bereich. Insbesondere die Korrelationen zwischen der Facette des Schulwissens und dem fachdidaktischen Wissen fallen sehr hoch aus (Tab. 1).

	Bachelorstudium			Master Praxissemester	
	1. Semester	3. Semester	5. Semester	Pre	Post
SW	.54	.64	.71	.72	.65
VSW	.34	.60	.56	.44	.60
UW	.52	.56	.63	.27	.58

Tab.1, Korrelationen zwischen fachlichem- und fachdidaktischem Wissen (N = 55)

Diskussion

Zu allen Messzeitpunkten zeigen sich, mit Ausnahme des vertieften Schulwissens zum fünften Semester, deutliche Veränderungen des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens. Eine mögliche Interpretation dessen ist, dass universitäre Fachwissensveranstaltungen im Bachelorstudium nicht nur universitäres Fachwissen fördern. Dies ist insbesondere bemerkenswert, da es wahrscheinlich keine expliziten Lerngelegenheiten für das vertiefte Schulwissen gibt, was ebenfalls den Stillstand zum fünften Semester erklären würde. Hierbei ist zu beachten, dass für die Berechnung der Zuwächse im fachlichen Wissen insbesondere für den dritten Messzeitpunkt aufgrund der hohen Stichprobenmortalität eine größere Anzahl an Fähigkeiten nicht aus den Testdaten, sondern vielmehr modellbasiert geschätzt wurde. Die großen Zuwächse im fachdidaktischen Wissen vom ersten bis zum dritten Semester, auch ohne Teilnahme an fachdidaktischen Veranstaltungen ist wissenschaftlich interessant und sollte in Folgestudien genauer untersucht werden. Während des Praxissemesters ist ebenfalls ein Zuwachs in allen Bereichen zu verzeichnen. Dies könnte auf die Nutzung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens während des Praxissemesters hindeuten. Die Zuwächse betonen damit die Bedeutung beider Komponenten des Professionswissens in der Unterrichtssituation. Der stabile Zusammenhang zwischen fachlichem und fachdidaktischem Wissen weist darauf hin, dass sich beide Komponenten über die Dauer des Studiums abhängig voneinander entwickeln.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, 9*(4), 469–520. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2008). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(4), 357–383. https://doi.org/10.1002/tea.20283

Grangeat, M. (2016). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Retrieved from http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4188243

Gigl, F., Zander, S., Buchwald, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2016). Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik.* (S. 184-186). Regensburg: Universität Regensburg.

Enkrott, P., Buschhüter, D., Fischer, H. E., & Borowski, A. (2019). Modellierung und Entwicklung von Fachwissen angehender Physiklehrkräfte. In *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (Bd. 39, S. 349). Universität Regensburg Regensburg: Christian Maurer.

Hartig, J., & Kühnbach, O. (2006). Schätzung von Veränderung mit „plausible values" in mehrdimensionalen Rasch-Modellen. In A. Ittel & H. Merkens (Hrsg.), *Veränderungsmessung und Längsschnittstudien in der empirischen Erziehungswissenschaft* (S. 27–44). https://doi.org/10.1007/978-3-531-90502-0_3

Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Eds.). (2019). *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2

Kulgemeyer, C. (2016). *Physik erklären*. Seelze: Friedrich.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos Verlag, Berlin.

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., … Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift Für Pädagogik, Beiheft 61*, 55–79.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2017). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 1–28. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326

Vogelsang, C., & Woitkowski, D. (2017). *Physikdidaktische Forschung in der Hochschule. Eine Übersicht über Forschungsdesigns und -methoden*. 21.

Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., … Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik – Analysen zu valider Testwertinterpretation. *Zeitschrift für Pädagogik*, *65*(4), 473–491. https://doi.org/10.3262/ZP1904473

Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos-Verl.

Wu, M. (2005). The role of plausible values in large-scale surveys. *Studies in Educational Evaluation*, *31*(2–3), 114–128. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2005.05.005

Jan Schröder[1]
Christoph Vogelsang[2]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University
[2]Universität Paderborn

Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden

Einleitung und Motivation

Die Vermittlung von Professionswissen nimmt einen relevanten Teil der universitären Ausbildungsphase ein, da bei der Professionalisierung von Lehrkräften eine Grundannahme in der angenommenen Wirkkette besteht, dass qualitativ hochwertiges Unterrichtshandeln auf der Basis eines hohen Professionswissens (Fachwissen *FW*, Fachdidaktisches Wissen *FDW*, Erziehungswissenschaftliches Wissen *EW* (vgl. Shulman 1986; Baumert & Kunter, 2006)) erfolgt (Terhart, 2012). Zur Messung des erworbenen Professionswissens liegt eine Vielzahl an Instrumenten vor, die eine Steigerung des Professionswissens von Studierenden in Quasilängsschnitten innerhalb der universitären Phase nahelegen (z.B. Riese & Reinhold, 2012). Als deutlich unklarer erweist sich bisher jedoch der angenommene Zusammenhang zwischen gemessenem Professionswissen und der Handlungsqualität im Unterricht, wobei letztere häufig durch Videographie und anschließende Ratings bestimmt wird (z.B. Cauet et al., 2015). Hier konnten, womöglich aufgrund der Komplexität von ganzheitliche betrachtetem Unterricht, bislang nur punktuelle Zusammenhänge festgestellt werden (z.B. Cauet et al., 2015; Vogelsang, 2014).

Vor diesem Hintergrund besteht im Projekt ProfiLe-P+ das Ziel, u.a. die Zusammenhänge zwischen Professionswissen und der Handlungsqualität in bestimmten Standardsituationen des Lehrberufs im Fach Physik zu untersuchen. Dabei liegt der Fokus in diesem Beitrag auf der Handlung der schriftlichen Unterrichtsplanung, die eine Standardanforderung an Lehrkräfte darstellt und unter Einbezug wissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgen soll (KMK, 2004). Sie bietet insbesondere Berufsanfängern bzw. Lehramtsstudierenden die Möglichkeit, ihr Professionswissen reflektiert einzusetzen. Die Untersuchung von Zusammenhängen des Professionswissens mit dem Erklären von Physik bzw. mit der Reflexion von Physikunterricht wird in den Beiträgen von Vogelsang et al. (i.d.B.) bzw. Kempin, Kulgemeyer & Schecker (i.d.B.) dargestellt.

Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtsplanung kann nach Shavelson & Stern (1981) als ein zirkulärer Prozess angesehen werden, bei dem zunächst Ausgangsbedingungen analysiert werden, davon ausgehend Entscheidungen über mögliche Aktivitäten getroffen werden und anschließend über den Unterricht reflektiert wird. Ziel der Unterrichtsplanung ist es, die Lehrkraft zu flexiblem Unterrichtshandeln zu befähigen (Klafki, 2007). Innerhalb der schriftlichen Unterrichtsplanung werden dabei zwei Zielklassen verfolgt: Einerseits die *Handlungsvorbereitung* und andererseits die *Legitimation* (Vogelsang & Riese, 2017). Eine qualitativ hochwertige Planung sollte daher beiden Zielklassen nachkommen, wobei eine hohe Designqualität z.B. durch eine Orientierung am Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) erreicht werden kann.

Bei der Untersuchung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung werden meist Vignettentests zur Erfassung des Wissens über Unterrichtsplanung verwendet (z.B. Baer et al., 2011), oder aber reale Unterrichtsplanungen kriteriengeleitet analysiert (z.B. König, Buchholtz & Dohmen, 2015; Hasenkamp, Windt & Rumann, 2016). Die Analyse realer Unterrichtsplanungen nimmt zwar authentische Planungen in den Fokus, allerdings ist die Qualitätseinschätzung zeitaufwendig und methodisch schwierig, da keine einheitlichen Vorgaben bzw. Voraussetzungen bestehen und Unterricht für unterschiedliche Lerngruppen zu verschiedenen

(physikalischen) Inhaltsbereichen geplant wird. Eine Vereinheitlichung bzw. Standardisierung besteht zwar bei klassischen Wissenstests, jedoch sind diese nur begrenzt authentisch und erfordern kein tatsächliches Planen von Unterricht. Daher wird in dieser Studie ein alternativer Ansatz zur Erfassung der Planungsfähigkeit verwendet, bei dem ein sog. *Performanztest* (Miller, 1990) verwendet wird, um eine möglichst hohe Standardisierung bei der Planung von Physikunterricht unter kontrollierten Bedingungen zu ermöglichen. Dieser grenzt sich einerseits von klassischen Wissenstests ab, bei denen Wissen wiedergegeben wird, da im Performanztest reales Handeln erforderlich ist. Andererseits unterscheidet er sich vom freien Handeln, da berufsrelevante Standardsituationen in den Blick genommen werden und dazu standardisierte und möglichst objektive sowie authentische Handlungssituationen generiert werden.

Ziele

In diesem Teilprojekt soll zunächst geklärt werden, in wie weit der in Anlehnung an Miller (1990) entwickelte Performanztest dazu in der Lage ist, die Qualität von Unterrichtsplanung bzw. die Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik valide zu messen (FF1). Aufbauend darauf soll einerseits der Zusammenhang von Professionswissen und gemessener Planungsfähigkeit untersucht werden (FF2). Andererseits wird die Veränderung der Planungsfähigkeit während des Praxissemesters untersucht (FF3), da die Annahme besteht, dass solch eine längere Praxisphase als Gelegenheit zur Ausbildung der Planungsfähigkeit angesehen werden kann.

Design

Ausgehend von fachdidaktischen Lehrwerken (z.B. Kircher, Girwidz, Häußler, 2015) und verschiedenen Planungsratgebern (z.B. Bennack, 2004; Becker, 2007; Tulodziecki, 2004) wurde unter Nutzung des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) ein Performanztest entwickelt. Probanden sollen dabei auf einem vorstrukturierten Planungspapier eine Unterrichtsstunde zum dritten Newtonschen‘ Axiom für eine fiktive Lerngruppe planen und dokumentieren. Dokumentiert werden sollen *fachliche und fachdidaktische Voraussetzungen, Schülervorstellungen, Aufgaben bzw. Fragestellungen, Experimente, Tafelbild, Begründungen* sowie ein *Verlaufsplan*.

Das Instrument wurde an vier dt. Hochschulen jeweils vor und nach dem Praxissemester zusammen mit Instrumenten zum Professionswissen (FW: Enkrott et al., i.d.B.; FDW: Riese, Gramzow & Reinhold, 2017; EW: Riese, 2009) eingesetzt. Ebenfalls erhoben wurden demographische Daten sowie Informationen zu Umfang und Betreuungsverhältnissen innerhalb des Praxissemesters. Insgesamt wurden N=178 Planungstests erhoben, von denen sich N=136 Test zu längsschnittlichen Daten für N=68 Personen zusammenführen ließen. Zur Bewertung der Planungen wurde deduktiv ein Kategoriensystem entwickelt und induktiv erweitert, welches zunächst 59 Items zu den Aspekten *fachlicher Inhalt, Elementarisierung, Kontexte, Aufgabe und Fragestellungen, Experimente, Kompetenzen* sowie *Lernvoraussetzungen* enthielt. Aufgrund fehlender Trennschärfen und zu hohen bzw. niedrigen Lösungshäufigkeiten wurden das Kategoriensystem auf 45 Items reduziert, wobei die Skalenreliabilität nun α=0.80 beträgt. Zur Bildung des Gesamtscores wurden die Items der sieben Aspekte jeweils so gewichtet, dass jeder Aspekt insgesamt 1/7 zur Gesamtpunktzahl beiträgt, da die Anzahl der Items je Aspekt zwischen vier und zehn variiert.

Ergebnisse

Zur Überprüfung der Validität des Performanztests wurden neben Untersuchungen zum Format des Performanztests und zur fiktiven Planungssituation auch. Interviews mit drei Fachleitern geführt, bei denen diese jeweils drei verschiedene Planungsperformanztests nach eigenen Kriterien bewerten sollten. Die Urteile wurden anschließend nach dem Notenschema

der Oberstufe in %-Werte überführt. Sowohl die Fachleiter untereinander als auch der Vergleich der Mittelwerte mit dem Planungsscore, welcher mithilfe des Performanztests generiert wurde, stimmen gut überein: Die Differenz zwischen mittlerem Fachleiter-Urteil und Planungsscore beträgt jeweils nur zwischen 3 und 8 Prozentpunkten.
Zur Überprüfung der Urteilerübereinstimmung wurden N=52 Planungstests doppelcodiert, wobei sich eine prozentuale Übereinstimmung von 87% bzw. ein Gwet's AC_1 Koeffizient von 0.83 ergab, was einer guten Übereinstimmung entspricht (Gwet, 2014).
Der Zusammenhang des Planungsscores und der einzelnen Scores aus den Tests zum Professionswissen ist in Tab. 1 für beide Messzeitpunkte zusammenfassend dargestellt. Sowohl für das FDW als auch für das EW bestehen signifikante Zusammenhänge zum Planungsscore, allerdings ist der Zusammenhang eher schwach. Zum Fachwissen hingegen konnten keine Korrelationen festgestellt werden. Die Zusammenhänge bleiben mit Blick auf die Subskalen der Instrumente größtenteils bestehen.

$N_{FDW} = 137$	Pearson's *r*	$N_{FW} = 96, N_{EW} = 122$	Pearson's *r*
FDW Gesamt	0.364 ***	**FW** Gesamt	0.011 (ns)
Schülervorstellungen	0.207 *	Schulwissen	-0.074 (ns)
Instruktionsstrategien	0.075 (ns)	Vertieftes Schulwissen	0.052 (ns)
Fachdid. Konzepte	0.378 ***	Universitäres Wissen	0.065 (ns)
Experimente	0.229 **	**EW** Gesamt	0.321 ***

Tab. 1: Korrelationen (MZP 1&2) zwischen dem gewichteten Gesamtscore des Planungstests und den Gesamt- sowie Teilskalenscores der Tests zum Professionswissen (FW, FDW, EW). Zur Skalendokumentation vgl. Enkrott et al. (i.d.B); Riese, Gramzow & Reinhold (2017).

Die Entwicklung der Planungsfähigkeit (FF3) entlang des Praxissemesters ist in Tab.2 zusammengefasst. Der mittlere erreichte Score im Planungstest erhöht sich während des Praxissemesters um fünf Prozentpunkte, was einer kleinen Effektstärke entspricht.

	MZP 1 ($N_1 = 68$)		MZP 2 ($N_2 = 68$)		MZP 1 → MZP 2	
	Mean	*SD*	*Mean*	*SD*	Diff.	Cohens *d*
Gesamtpunktzahl Planungstest (in %)	45.9	13.3	51.1	15.3	5.2	0.338**

*Tab. 2: Längsschnittliche Betrachtung der gewichteten Summenscores im Planungstests. **: p<0.01 im Wilcoxon matched-paires signed-rank-test.*

Die Planungsfähigkeit scheint sich somit während des Praxissemesters moderat zu entwickeln. Eine Betrachtung der Entwicklung auf Subskalen wurde bisher nicht vorgenommen, da die Skalenreliabilitäten der einzelnen Aspekte teilweise gering ausfallen ($\alpha \in [0.47, 0.75]$).

Diskussion

Trotz der beobachteten Erhöhung der Gesamtpunktzahl beim Planungstest kann noch nicht zwingend auf eine Erhöhung der Planungsfähigkeit geschlossen werden, da Testwiederholungseffekte trotz fünf Monaten zwischen den beiden Messzeitpunkten nicht ausgeschlossen werden können. Ebenfalls können die Ergebnisse zu (FF2) zwar punktuelle Zusammenhänge belegen, jedoch kann noch nicht auf kausale Wirkungen des Professionswissen auf die Planungsfähigkeit geschlossen werden. Um dies zu überprüfen sind weitere Analysen im Cross-Lagged-Panel-Design geplant, bei denen der Zuwachs der Planungsfähigkeit unter Kontrolle des anfänglichen Professionswissens betrachtet wird. Zur weiteren Analyse der Entwicklung der Planungsfähigkeit sollen zudem die demographischen Daten sowie insbesondere die Informationen über Umfang und Betreuungsverhältnisse während des Praxissemesters einbezogen werden. Ebenfalls sollen die Ergebnisse mit denen der anderen Teilprojekte (Erklären von Physik, Reflexion von Physikunterricht) zusammengeführt werden.

Literatur

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S., Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenz von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Pädagogik, 2011(4), S. 85-117.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520.

Cauet, E., Liepertz, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2015). Does it Matter What We Measure? Domain-specific Professional Knowledge of Physics Teachers. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften, 37 (3), 463–480

Enkrottt, P., Buschhüter, D., Spodem, C., Fischer, H., Borowski, A. (In d. Band). Fachwissensentwicklung von Lehramtsstudierenden in der Physik.

Gwet, K. L. (2014). Handbook of Inter-Rater ReLiability – The Definitive Guide to Measuring the Extent of Agreement Among Raters. Gaithersburg, MD: Advanced Analytics.

Hasenkamp, A., Windt, A., Rumann, S. (2016). Qualität der Sachunterrichtsplanung im Vorbereitungsdienst. In C.Maurer: Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. GDC, Regensburg

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In Zeitschrift für Pädagogik, 3(3), 3-18

Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (In d. Band). Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden.

Klafki, W (2007). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim, Basel: Beltz.

Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2015). Physikdidaktik – Theorie und Praxis. Berlin: Springer Spektrum.

KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

König, J., Buchholtz, C. & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18 (2), 375-404.

Miller, G.E. (1990): The Assessment of Clinical Skills/Competence/&Performance. Academic Medicine 64(9), 63-67

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 15(1), 111-143. https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Das fachdidaktische Wissen von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, S. 99-112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.

Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. Review of Educational Research, 51(4), 455–498.

Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Terhart, E. (2012): Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. In Zeitschrift für Bildungsforschung 2 (1), 3–21

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften.

Vogelsang, C., Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung 'gut'? – Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In Wernke, S., Zierer, K.: Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?!

Vogelsang, C., Kulgemeyer, C., Kempin, M., Schecker, H. (In d. Band). Wirkung von Professionswissen und Praxiserfahrung auf Erklärfähigkeit.

Kempin, Maren Universität Bremen
Kulgemeyer, Christoph
Schecker, Horst

Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden

Ausgangslage

An vielen Universitäten wurde im Bereich der Lehrerbildung ein Praxissemester eingeführt. Die Studierenden sollen in solchen Praktika lernen, ihr Professionswissen in eine professionelle Handlung – z.B. das Reflektieren von Physikunterricht – umzusetzen. Der Zusammenhang zwischen Professionswissen und Handeln ist bislang allerdings weitgehend ungeklärt (z.B. Vogelsang & Cauet, 2017, Korneck, Krüger, & Szogs, 2017). Das Verbundprojekt ProfiLe-P+ versucht, diese Lücken für das Erklären von Physik (s. Kulgemeyer, Vogelsang, Kempin, in diesem Band), das Planen (s. Schröder, Vogelsang und Riese, in diesem Band) und das Reflektieren von Physikunterricht zu schließen. Das hier vorgestellte Teilprojekt untersucht dabei (1) den Einfluss des Praxissemesters und (2) des fachlichen (FW) und fachdidaktischen Wissens (FDW) auf die Handlungsqualität beim Reflektieren von Physikunterricht. Dazu wurde vor und nach dem Praxissemester ein performanzorientierter Reflexionstest sowie schriftliche Wissenstests u.a. zu FW und FDW an vier deutschen Universitäten eingesetzt (N_{pre} = 67, N_{post} = 59, $N_{pre\ \&\ post}$ = 48).

Reflexion von Physikunterricht

Reflexion ist eine besondere Form des Denkens (Dewey, 1933), die ein Zurück- und Vorausschauen beinhalten (Valli, 1997). Diese wird in der Literatur im Detail sehr unterschiedlich aufgefasst. In diesem Projekt wird unter Reflexion die Selbst- und Fremdreflexion zusammengefasst (Wyss, 2008, die als theoriegeleitete Analyse von Unterricht mit dem Ziel der Verbesserung der Unterrichtsqualität und der Entwicklung der Professionalität von Lehrkräften verstanden wird. Sowohl national als auch international wird Reflexion von Unterricht als eine Kernaufgabe von Lehrkräften aufgefasst (KMK, 2014, z.B. Council of Chief State School Officers, 2011, April), die zur Expertiseentwicklung beiträgt (z.B. Schön, 1983, Helmke, 2009, Korthagen & Vasalos, 2005) und den Reflektierenden Aufschluss über die Qualität der Unterrichtsplanung und Effektivität des durchgeführten Unterrichts gibt (z.B. Plöger & Scholl, 2014).

Zur Erfassung der Qualität einer Reflexion wurden verschiedene Modelle entwickelt (z.B. Plöger, Scholl, & Seifert, 2015, Korthagen, 2001; Windt & Lenske, 2015). Aufbauend auf diesen etablierten Modellen wurde in Zusammenarbeit mit dem Projekt PSI-Potsdam ein Modell zur Reflexion von (Physik-)Unterricht entwickelt (näheres in Nowak, Kempin, Kulgemeyer, & Borowski, 2019). Mit Hilfe dieses Modells werden die Elemente einer Reflexion gestuft erfasst: 1. Beschreibung der Rahmenbedingungen und/oder der Unterrichtssituation, 2. Bewertung der Unterrichtssituation, 3. Generierung von Handlungsalternativen und 4. Konsequenzen für den Folgeunterricht oder der Professionalität der reflektierenden Person oder, im Falle der Fremdreflexion, der Professionalität der Lehrperson. Außerdem wird das Vorliegen einer Begründung zu einer Bewertung, Alternative oder Konsequenz registriert. Des Weiteren kann mit Hilfe des Modells festgehalten werden, welcher Wissensbasis die Reflexion zuzuordnen ist (z.B. kann eine Reflexion über den Umgang mit Schülervorstellungen der fachdidaktischen Wissensbasis zugeordnet werden).[1]

Ein Performanztest zur Untersuchung der Reflexionsfähigkeit

[1] Näheres zur Anwendung des Modells in Kempin, Kulgemeyer, and Schecker (2019).

Um die Reflexionsfähigkeit der Studierenden in einer möglichst authentischen Situation standardisiert zu erfassen, wurde ein online-Reflexionsperformanztest, basierend auf Videovignetten, entwickelt (näheres s. Kempin, Kulgemeyer, & Schecker, 2018). Die Studierenden werden dabei in die Situation versetzt, eine kollegialen Supervision mit einem fiktiven Mitpraktikanten durchzuführen, indem sie verbales Feedback zu seiner Physikdoppelstunde geben sollen. Dabei werden Unterrichtsszenen aus einer vollständigen Stunde sukzessive eingespielt und dazu Feedback in einem simulierten Dialog verlangt. In das Unterrichtsskript wurden verschiedene, vor allem fachliche und fachdidaktische Reflexionsanlässe (RA) eingebaut (z.B. zur fachlichen Korrektheit von Merksätzen und zu deren Schülergemäßheit), über die die Studierenden reflektieren können.

Der Test besteht aus 13 Lokalitems (54 Reflexionsanlässe[2]), in denen einzelne Unterrichtsausschnitte betrachtet werden, und 4 Globalitems (12 Reflexionsanlässe), bei denen der gesamte Unterricht betrachtet werden muss (z.B. die Entscheidung über das Erreichen der Unterrichtsziele). Die Probanden erhalten für jeden RA nach Tab. 1 Punkte für die höchste erreichte Reflexionsstufe.[3]

Begründete Konsequenz	7
Konsequenz	6
Begründete Alternative	5
Alternative	4
Begründete Bewertung	3
Bewertung	2
Beschreibung	1
Nicht angesprochen	0

Tab. 1: Bepunktung der höchsten erreichten Reflexionsstufe

Erste Ergebnisse zur Reflexion von lokalen Ereignissen

Die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit im Praxissemester

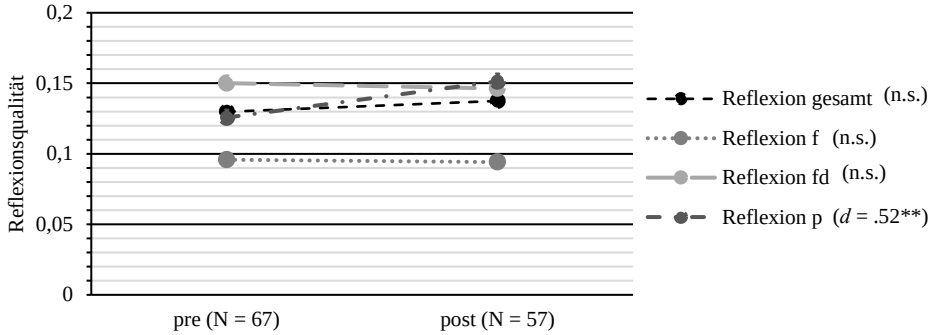


Abb. 1: Entwicklung der Reflexionsqualität im Praxissemester

In Abb. 1 ist die Entwicklung der durchschnittlich erreichten normierten gesamten, fachlichen (f), fachdidaktischen (fd) und pädagogischen (p) Reflexionsqualität im Praxissemester (PS) dargestellt. Dabei zeigt sich im Bereich der gesamten Reflexionsqualität eine, allerdings nicht signifikante, Zunahme. Betrachten man die Reflexionsqualität aufgeschlüsselt nach der Wissensbasis, so zeigen sich nicht signifikante Abnahmen im Bereich der f- und fd-Reflexionsqualität und eine signifikante Zunahme mit einer Effektstärke von d = .52 im Bereich der Reflexionsfähigkeit über pädagogische Themen. Diese Fokusverschiebung hin zum p-Reflektieren kann verschiedene Gründe haben: Betrachten wir die Wissensentwicklung, so sehen wir im FW eine nicht-signifikante

[2] Die 54 RA setzen sich aus 14 fachlichen, 26 fachdidaktischen und 19 pädagogischen RA zusammen.
[3] Für den Lokalscore ergeben sich somit 378 Punkte (54 RA) und für den Globalscore 84 Punkte (12 RA).

Zunahme der Lösungswahrscheinlichkeit von .042, $t(85) = -1.596$, $p = .114$, $d = .346$, im FDW eine signifikante Zunahme von .084, $t(95) = -3.417$, $p < .01$, $d = .697$, und im pädagogischen Wissens (PW) eine signifikante Zunahme von .103, $t(89) = -4.347$, $p < .01$, $d = .912$. Die Wissensentwicklung im Verlauf des Praxissemesters kann somit ein Grund für die Verschiebung der Reflexionsfähigkeit sein.
Ein weiterer Grund zeigt sich in den Themen, die die Studierenden mit ihren Mentor*innen in Reflexionsgesprächen besprechen. In einem Praxissemesterfragebogen geben die Studierenden an, dass sie auf einer Likert-Skala von 1 (sehr viel) bis 4 (sehr wenig) über p-Themen mehr sprechen als über f- und fd-Themen.
Sowohl die Wissensentwicklung als auch die mit dem*r Mentor*in reflektierten Themen deuten auf eine Fokusverschiebung der Studierenden hin, die sich beim Reflektieren abbildet. Jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass es weitere Gründe für ebendiese Verschiebung gibt. So kann es durchaus möglich sein, dass z.B. eine erlebte Überforderung mit Classroom-Management in der Unterrichtserfahrung dazu führt, dass die p-Themen relevanter für die Studierenden erscheinen.

Der Zusammenhang von FW, FDW und Reflexionsfähigkeit
Um den Zusammenhang zwischen FW, FDW und Reflexionsfähigkeit zu untersuchen, wird in einem Cross-Lagged-Panel (CLP) mit zwei Messzeitpunkten der Gesamtscore der Reflexionsfähigkeit und ein Score[4] aus FW und FDW betrachtet (Abb. 2).

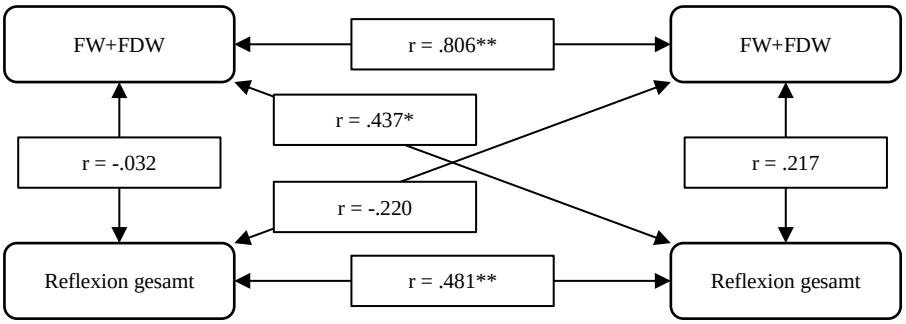


Abb. 2: Cross-Lagged-Panel zum Zusammenhang von FW, FDW und Reflexionsfähigkeit (links: zu Beginn des PS; rechts: zum Ende des PS)

Das CLP zeigt, dass sich FW und FDW zusammen positiv auf den Zuwachs der Reflexionsfähigkeit im PS auswirkt. Demnach spielt das Wissen, das die Studierenden zu Beginn des PS haben eine wichtige Rolle für den Erfolg des PS, denn nur diejenigen, die ein hohes FW und FDW habe, entwickeln im Praktikum auch professionelle Handlungsqualität beim Reflektieren.

Ausblick
Die Kodierung und Auswertung des Globalscores wird noch erfolgen. Weiterhin wird die Breite und Tiefe der Reflexionen betrachtet und zur detaillierten Interpretation der Ergebnisse werden weitere Daten auf der Demografie der Studierenden und den Praxissemesterfragebögen herangezogen. Zudem werden N = 11 Referendare zur Validierung des Tests herangezogen.

[4] In diesem standardisierten Score gehen die einzelnen Facetten (s. Enkrott, P.; Buschhüter, D.; Spoden, C. Fischer, H. & Borowski, A. (in diesem Band)) von FW und FDW zu gleichen Teilen ein.

Literatur

Council of Chief State School Officers. (2011, April). *Interstate Teacher Assessment and Support Consortium (InTASC): Model Core Teaching Standards: A Recource for State Dialoge*. Washington, DC. Retrieved from https://ccsso.org/sites/default/files/2017-11/InTASC_Model_Core_Teaching_Standards_2011.pdf

Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process / by John Dewey*: Boston, Mass. Heath, 1933.

Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts ; Franz Emanuel Weinert gewidmet* (1. Aufl.). Stuttgart: Klett.

Kempin, M., Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2018). Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest. In C. Maurer (Chair), *Jahrestagung in Regensburg 2017.* Symposium conducted at the meeting of Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Universität Regensburg.

Kempin, M., Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2019). Erste Einblicke in die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden im Praxissemester. In C. Maurer (Chair), *Jahrestagung in Kiel 2018.* Symposium conducted at the meeting of Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Univeristät Kiel.

KMK. (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i.d.F. vom 12.06.2014.*

Korneck, F., Krüger, M., & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 200. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (pp. 113–134). Berlin: Logos Verlag.

Korthagen, F., & Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and Teaching, 11*(1), 47–71.

Korthagen, F. A. (2001). *Linking Practice and Theory: The Pedagogy of Realistic Teacher Education*. Seattle.

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C., & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In C. Maurer (Chair), *Jahrestagung in Kiel 2018.* Symposium conducted at the meeting of Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Univeristät Kiel.

Plöger, W., & Scholl, D. (2014). Analysekompetenz von Lehrpersonen – Modellierung und Messung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *17*(1), 85–112.

Plöger, W., Scholl, D., & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz - ein zweidimensionales Konstrukt?! *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung*, *43*(2), 166–184.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action* (4. pr). *Harper torchbooks: Vol. 5126*. New York NY: Basic Books Publ. [u.a.].

Valli, L. (1997). Listening to Other Voices: A Description of Teacher Reflection in the United States. *Peabody Journal of Education*, *72*(1), 67–88.

Vogelsang, C., & Cauet, E. (2017). Wie valide sind Professionswissenstests? Zum Zusammenhang von erfasstem Wissen, Unterrichtshandeln und Unterrichtserfolg. In H. Fischler & E. Sumfleth (Eds.), *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 200. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (pp. 77–96). Berlin: Logos Verlag.

Windt, A., & Lenske, G. (2015). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer (Ed.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Bd. 25. Bildung im und durch Sachunterricht* (pp. 209–216). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wyss, C. (2008). Zur Reflexionsfähigkeit und -praxis der Lehrperson. *Bildungsforschung*, *5*(2). Retrieved from http://www.bildungsforschung.org/Archiv/2008-02/lehrperson/

Ann-Kathrin Joswig RWTH Aachen University
Josef Riese

Ursachen für Veränderungen des physikdidaktischen Wissens im Studium

Ausgangslage

Die Untersuchung des Kompetenzerwerbs von Studierenden ist ein aktuelles Forschungsanliegen, um Studiengänge hinsichtlich ihres Ausbildungserfolgs zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Im Lehramtsstudium werden insbesondere fachdidaktische Lernangebote daraufhin untersucht, inwieweit sie das fachdidaktische Wissen von Studierenden fördern. So wurden zum Beispiel Testinstrumente zur Messung fachdidaktischen Wissens im Fach Physik bereits in unterschiedlichen Projekten entwickelt und erprobt (vgl. z.B. ProfiLe-P: Riese et al., 2015; FALKO: Schlödel & Göhring, 2015; KiL: Kröger, Neumann & Petersen, 2013; ProWiN: Tepner et al., 2012; QuiP: Olszewski, 2010). Der Einsatz dieser Testinstrumente erfolgt zum Teil in Längsschnittstudien, die gegenüber Querschnittsstudien den Vorteil bieten, dass Veränderungen im Wissenstand unabhängig von möglichen Kohorten-Effekten identifiziert werden können. Auch in längsschnittlichen Large-Scale-Erhebungen bleibt in der Regel jedoch unklar, inwieweit gemessene Veränderungen speziell im physikdidaktischen Wissen tatsächlich auf die Nutzung konkreter physikdidaktischer Lerngelegenheiten am Lernort Universität zurückzuführen sind und welchen Einfluss beispielsweise testspezifische oder personenspezifische Aspekte nehmen.

Das in diesem Beitrag aufgeführte Projekt hat daher das Ziel, Ursachen für gemessene Veränderungen im physikdidaktischen Wissen von Lehramtsstudierenden, welche an einem Vorbereitungssemester zum Praxissemester an der RWTH Aachen teilnehmen, genauer zu untersuchen und herauszuarbeiten. Die Veränderungen im Wissensstand der Studierenden werden mit Hilfe eines physikdidaktischen Leistungstests im Prä-Post-Studiendesign erhoben. Zur Identifizierung von Gründen für Veränderungen im Antwortverhalten werden anschließend an die Post-Befragung mit den Studierenden qualitative Einzelinterviews geführt.

Theoretische Hintergrund

Das Professionswissen von Lehrpersonen wird als entscheidend für die Qualität von Unterricht angesehen (vgl. z.B. Borowski et al., 2010) und lässt sich in Anlehnung an Shulman (1986) sowie Baumert & Kunter (2006) durch die drei Wissensbereiche *fachliches Wissen, fachdidaktisches Wissen* und *pädagogisches Wissen* beschreiben. Das in diesem Beitrag dargestellte Projekt konzentriert sich auf das fachdidaktische Wissen von Lehramtsstudierenden der Physik. In der Literatur werden zur Beschreibung dieses Konstrukts unterschiedliche Subdimensionen aufgeführt, die im Folgenden als Facetten bezeichnet werden. Für die naturwissenschaftlichen Fächer und insbesondere für das Fach Physik gehören zu diesen Facetten beispielsweise das Wissen über *Experimente, Modelle/Konzepte, Schülervorstellungen* oder *Instruktionsstrategien* (vgl. z.B. Chan, Rollnick & Gess-Newsome, 2019; Reinhold, Riese & Gramzow, 2017; Tepner et al., 2012; Park & Oliver, 2008).

Messung physikdidaktischen Wissens

Zur Messung physikdidaktischen Wissens werden meist schriftliche Kompetenz- oder Wissenstests in Form von schriftlichen Fragebögen eingesetzt. Die Anlage der Tests unterscheidet sich dabei naturgemäß je nach Projekt und Testinstrument, wobei insbesondere die Berücksichtigung fachlicher Themenbereiche bei der Konstruktion fachdidaktischer Items

unterschiedlich gehandhabt wird. Einerseits finden sich im Fach Physik Projekte, welche verschiedene Facetten physikdidaktischen Wissens über unterschiedliche physikalische Themenfelder hinweg, wie zum Beispiel Mechanik, Elektrizitätslehre oder Optik, aufgreifen (z.B. KiL oder FALKO). In anderen Untersuchungen sind die Items so konzipiert, dass sie in ihrer Gesamtheit genau einem physikalischen Themenfeld zugeordnet werden können und lediglich die Zuordnung zu ausgewählten Facetten physikdidaktischen Wissens variiert (vgl. z.B. QuiP, Themenfeld Elektrizitätslehre oder ProfiLe-P/ P+, Themenfeld Mechanik). Die Festlegung auf ein physikalisches Themenfeld erhöht dabei die Wahrscheinlichkeit, dass empirisch fundierte Subskalen bzgl. unterschiedlicher physikdidaktischer Wissensfacetten gebildet werden können, da eine zusätzliche Dimension im Itementwicklungsmodell entfällt (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Hierbei stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die Entwicklung physikdidaktischen Wissens themenspezifisch erfolgt (vgl. Diskussion um TSPCK; z.B. Mavhunga & Rollnick, 2013) und die Messung in einem ausgewählten physikalischen Themenfeld repräsentativ bzw. inhaltlich valide möglich ist. Diese Fragestellung besitzt insbesondere dann hohe Relevanz, wenn Ausbildungserfolg längsschnittlich über das gesamte Lehramtsstudium hinweg oder bei physikdidaktischen Interventionen gemessen wird, die unterschiedliche physikalische Themenfelder berücksichtigen.

Ziele und Studiendesign

Ziel dieses Projekts ist es, Gründe für mit einem physikdidaktischen Wissenstest gemessene Veränderungen bei Physiklehramtsstudierenden der RWTH Aachen im Verlauf ihres Vorbereitungssemesters zum Praxissemester aufzuklären. Dabei soll insbesondere die Bedeutung des im Test verwendeten physikalischen Themenfelds untersucht werden. Die befragten Studierenden nehmen innerhalb des Mastersemesters an insgesamt zwei physikdidaktischen Veranstaltungen in Form von Seminaren teil. Ein Seminar thematisiert die Planung von Physikunterricht während das andere Seminar, neben Theorieimpulsen zu unterschiedlichen physikdidaktischen Wissensfacetten, den Schuleinsatz eines von den Studierenden weiterentwickelten Stationenlernens zu einfachen Stromkreisen in den Fokus stellt. Dabei wird das physikalische Themenfeld Mechanik in beiden Seminaren nicht explizit aufgegriffen, der Fokus liegt jeweils auf Elektrizitätslehre.

Der physikdidaktische Wissensstand der Studierenden wird dabei unter Nutzung des Kompetenztests aus dem Projekt ProfiLe-P/ P+ (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017) erhoben. Um die Bedeutung der fachlichen Themenbereiche bei der Messung bestimmter Facetten des fachdidaktischen Wissens zu untersuchen, wurden dem vorliegenden Test weitere Items hinzugefügt, die ausgehend von den bereits vorhandenen Items in Mechanik strukturgleich bzgl. der Grundidee und der Verortung im Itementwicklungsmodell (hinsichtlich fachdidaktischer Facetten, kognitiver Anforderungsstufen, Itemanzahl) für die Themenfelder Elektrizitätslehre und Optik entwickelt wurden (vgl. Joswig & Riese, 2018). Der Einsatz dieses Instruments mit allen drei physikalischen Themenfeldern erfolgte in einem Prä-Post-Studiendesign. Insgesamt konnten bislang 24 Physiklehramtsstudierende zu jeweils zwei Testzeitpunkten im Vorbereitungssemester des WS 2017/2018 und des WS 2018/2019 befragt werden.

Zur Identifikation von Veränderungsgründen im Testverhalten wurden qualitative Einzelinterviews mit jedem dieser Studierenden im Anschluss an die Post-Befragung geführt. Die Interviews hatten einen zeitlichen Rahmen von 60 bis 90 Minuten. Die Interviewtranskripte werden mit Hilfe qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Hierzu wurde bereits ein Kategoriensystem entwickelt und erprobt, welches sowohl deduktive als auch induktive Kategorien enthält.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Zunächst wurden alle ausgefüllten Prä- und Posttesthefte der 24 Physiklehramtsstudierenden kodiert. Die daraus resultierenden Summenscores für den Gesamttest sowie für die Testteile hinsichtlich des physikalischen Themenfelds sind in Tab.1 zu finden.

Tab. 1: Ergebnisse des zweiseitigen t-Tests oder Wilcoxon-Tests für die Veränderung (Prä-Post) des Gesamtscores und der Teilscores in den drei Themenfeldern

Zweiseitiger t-Test, Wilcoxon-Test (Optik)				
	Differenz Mittelwert	Sd	sig (2-seitig)	|d| Cohen's d
Gesamtscore (N=22)	+ 2.16	4.56	0.037	0.47
Mechanik (N=24)	- 0.23	3.06	0.717	0.08
Optik (N=23)	+ 0.76	2.76	0.304	0.28
E-Lehre (N=22)	+ 1.43	3.30	0.054	0.43

Aus diesen Werten ist erkennbar, dass ein signifikanter Zuwachs im Gesamtscore (p=0.037) mit mittlerer Effektstärke vorliegt. Dieses Ergebnis lässt die Vermutung zu, dass die Studierenden im Verlauf ihres Vorbereitungssemesters und der damit verbundenen Teilnahme an den zwei physikdidaktischen Seminaren ihr physikdidaktisches Wissen positiv erweitern. Darüber hinaus kann der Tab. 1 entnommen werden, dass tendenziell ein leichter Zuwachs im Score zum Themenfeld Elektrizitätslehre, jedoch nicht zum Themenfeld Mechanik vorliegt. Dies könnte damit in Zusammenhang stehen, dass das Themenfeld Mechanik nicht mehr explizit im Vorbereitungssemester thematisiert wurde, hingegen der Bereich Elektrizitätslehre im Besonderen betrachtet wurde. Es lässt sich auf Grundlage dieser ersten Ergebnisse vermuten, dass die Wahl des physikalischen Themenfelds bei der Messung physikdidaktischen Wissens von Bedeutung ist und innerhalb der Themenfelder unterschiedliche Entwicklungsverläufe angenommen werden können.

Um genauere Informationen zu Ursachen für Veränderungen im Testverhalten zu erhalten, wurden zunächst die insgesamt 24 audioaufgezeichneten Einzelinterviews transkribiert. Die Analyse der Daten erfolgt mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring (2015). Hierzu wurde ein dreistufiges Kategoriensystem mit sowohl deduktiven als auch induktiven Kategorien entwickelt. Das Kategoriensystem wurde in einem ersten Schritt mit Hilfe eines Interratings von zwei unabhängigen Personen geprüft ($\kappa_{Brennan/Prediger}$=0.69) und soll demnächst durch ein Intrarating weiter erprobt werden. In den Oberkategorien des Kategoriensystems werden unter anderem verschiedene Gründe für Veränderungen im Antwortverhalten aufgegriffen. Zu diesen zählen neben möglichen Wiederholungseffekten oder Lerneffekten der Testung (vgl. z.B. Thoma & Köller, 2018), auch erfolgreich genutzte Lerngelegenheiten am Lernort Schule, Universität oder im Alltag. Erste Einblicke in die Interviewtranskripte zeigen, dass die im Vorbereitungssemester absolvierten physikdidaktischen Seminare, Veränderungen im Antwortverhalten bewirken, jedoch auch testspezifische und personenspezifische Aspekte Einfluss auf gegebene Antworten sowie Antwortveränderungen nehmen.

Hinweis: Das Projekt „Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1813).

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520

Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D. Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 341–349

Chan, K. K. H., Rollnick, M. & Gess-Newsome, J. (2019). A Grand Rubric for Measuring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In A. Hume, R. Cooper, A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. Singapore: Springer, 251-270

Joswig, A. & Riese, J. (2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017, 707-710

Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 533-535

Mavhunga, E. & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers, African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 17 (1-2), 113-125

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Olszewski, J. (2010). The impact of physics teachers' Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes. Berlin: Logos Verlag

Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education, 38 (3), 261-284

Reinhold, P., Riese, J. & Gramzow, Y. (2017). Fachdidaktisches Wissen im Lehramtsstudium Physik. Berlin: Logos Verlag

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In Blömeke, S. & Zlatkin - Troitschanskaia, O. (Hrsg.), Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Weinheim: Beltz, 55 - 79

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Das fachdidaktische Wissen von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, 99-112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2

Schlödl, A. & Göhring, A. (2015). Fachspezifische Lehrerkompetenzen (FALKO) – Teilprojekt Physik. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In Educational Researcher 15 (4), 4–14

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B.J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmannn, H., Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften), 18, 7–28

Thoma, G-B. & Köller, O. (2018). Test-wiseness: ein unterschätztes Konstrukt? Empirische Befunde zur Überprüfung und Erlernbarkeit von testwiseness. Zeitschrift für Bildungsforschung, 8 (1), 63-80. DOI: 10.1007/s35834-018-0204-0

David Buschhüter[1]
Tanja Mutschler[1]
Jan Schröder[2]
Josef Riese[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]RWTH Aachen

Basismodelle in Unterrichtsplanungen im Praxissemester Physik

Motivation

Mit den Praxisphasen des Lehramtsstudiums sind eine Reihe großer Hoffnungen verbunden. Eine davon ist eine Verbesserung der Theorie-Praxis-Verknüpfung (Rothland & Boecker, 2014). Aus akademischer Perspektive bedeutet dies nicht zuletzt, dass Unterricht theoriebasiert geplant wird. Deshalb ist ein Ziel des Projekts Profile-P+ (Vogelsang et al., 2019), die Planungsperformanz der Studierenden vor und nach dem Praxissemester in Bezug auf eine Vielzahl von Kriterien zu untersuchen (Schröder, Vogelsang & Riese, 2019). Ein besonders wichtiges Merkmal für Unterrichtsqualität ist die Strukturierung (Meyer, 2004). Eine Theorie zur Strukturierung von Unterricht, die empirisch untersucht ist und an allen Projektstandorten in Lehrveranstaltungen des Physiklehramtsstudiums behandelt wird, ist die Basismodelltheorie (BMT) nach Oser und Kollegen (z. B. Oser & Baeriswyl, 2001).
Die vorliegende Studie fokussiert auf die Frage, inwiefern Studierende vor und nach dem Praxissemester ihren Unterricht BMT-konform planen. Daraus lassen sich Implikationen darüber ableiten, inwiefern und an welchen Stellen im Lehramtsstudium die Theorie-Praxis-Verknüpfung gestärkt werden könnte.

Theorie und Forschungsfrage

Um BMT-konformen Unterricht zu planen, muss die Lehrkraft abhängig von ihrem Lehrziel ein bestimmtes Basismodell wählen (Oser & Patry, 1990; Reyer, 2004). Soll z. B. Erfahrungswissen generiert werden, muss die Schrittfolge des Modells „Lernen durch Eigenerfahrung“ genutzt werden, wird die Konstruktion vernetzten Theoriewissens angestrebt, ist das Modell der „Konzeptbildung“ zu verwenden. Für den Physikunterricht wurde nach Anpassung der BMT neben den beiden bereits genannten Basismodellen insbesondere die Bedeutung der Modelle „Problemlösen“ und „Konzeptwechsel“ herausgearbeitet (Krabbe, Zander & Fischer, 2015; Reyer, 2004; Wackermann & Priemer, 2013). Bei der praktischen Umsetzung sollten Basismodelle immer abgeschlossen werden und Schritte aus einem Basismodell dürfen nicht durch solche eines anderen Basismodells ersetzt werden. Somit beschreibt diese Theorie unter anderem, dass „erfundenes“ Theoriewissen im Allgemeinen nicht durch Eigenerfahrung entdeckt werden kann (Trendel, Wackermann & Fischer, 2007, S. 15). Die Differenzierung verschiedener Lehrziele bzw. Handlungsketten unterscheidet die BMT damit grundlegend von vielen anderen bekannten Theorien bzw. Modellen wie dem 5E-Modell (Bybee et al., 2006).
Hinsichtlich ihrer Wirksamkeit wird die Nutzung von Basismodellen im Physikunterricht als positiv beurteilt (Maurer, 2016). Sowohl im Hinblick auf die Unterrichtswahrnehmungen (Wackermann, 2008) als auch im Hinblick auf den Lernerfolg, konnte im Rahmen einer Lehrkräftefortbildung gezeigt werden, dass BMT-konformer Unterricht einen positiven Einfluss hat (Zander, 2016). Es zeigte sich hierbei, dass insbesondere schwächere S*S von BMT-konformem Unterricht profitieren (Maurer, 2016; Zander, 2016). Bezüglich der Umsetzung der Konzeptbildung ist zu sagen, dass deutsche Lehrkräfte im Gegensatz zu finnischen Lehrkräften weit mehr Zeit mit dem Prototyp verbringen (Geller, 2015) und im Rahmen der Umsetzung des allgemeinen Konzepts zu wenig abstrahiert wird (Reyer, 2004). Aufgrund der empirischen Basis ist zu vermuten, dass Lehrkräftefortbildungen ein geeignetes

Mittel sind um basismodellkonforme Strukturen in den Physikunterricht zu bringen (Trendel et al., 2007; Wackermann, 2008; Wackermann, Trendel & Fischer, 2010; Zander, 2016). Bisher ist aber unklar, inwiefern die universitäre Lehre zur Umsetzung der Basismodelle beiträgt und welche Rolle das Praxissemester hier spielt. Intuitiv-optimistisch wäre davon auszugehen, dass Studierende BMT-konformen Unterricht planen, da diese Theorie Teil ihrer Ausbildung ist. Ob dies der Fall ist und inwiefern das Praxissemester hier eine positive Rolle spielt, ist zunächst ungeklärt wenn nicht fragwürdig (Rothland & Boecker, 2014). Aus den obigen Ausführungen leiten wir folgende Forschungsfrage ab: Inwiefern sind die Planungen der Studierenden vor und nach dem Praxissemester BMT-konform?

Design

Die Studie ist Teil des ProfileP+ Projekts und nutzte die Ergebnisse des entsprechenden Planungstests (Schröder et al., 2019; Vogelsang et al., 2019). Dieser Test wurde unmittelbar vor und nach dem Praxissemester eingesetzt, als Testzeit waren 60 Minuten vorgesehen und die Studierenden mussten einen konkreten Planungsauftrag durchführen. Dabei planten sie für eine fiktive Klasse eine 45-Minuten-Stunde zum dritten newtonschen Axiom. Das vorgegebene Stundenziel sieht vor, dass die S*S in der Lage sind, das dritte newtonsche Axiom zu erläutern und es auf Alltagsbeispiele zu übertragen. Dies entspricht dem Ziel des Aufbaus von vernetztem Theoriewissen. Weil echter Konzeptwechsel in der Unterrichtspraxis kaum vorkommt (Reyer, 2004), wurden die Unterrichtsplanungen aus Perspektive der Konzeptbildung beurteilt. Untersucht wurden dabei die Verlaufstabellen, die die Studierenden im Rahmen des Planungstests anfertigen sollten. Die Tabellen wurden angereichert mit Informationen aus dem restlichen Planungsmaterial (Aufgaben, Experimente, Tafelbilder) und die Handlungen in Einzelhandlungen unterteilt. Im Anschluss wurden diese Einheiten den Schritten der Konzeptbildung zugeordnet (vorl. Beurteilendenübereinstimmung 75%). Letztere wurden wiederrum in Ihrer Umsetzungsqualität induktiv skalierend beurteilt (Mayring, 2010), um ein für diese Studie angepasstes Kategoriensystem entsprechend Wackermann und Kollegen (Wackermann, 2008; Wackermann et al., 2010) zu entwickeln (vorl. Beurteilendenübereinstimmung, 69% bis 95%). Die Stichprobe umfasst bislang 32 Pre-Post-Paare (64 Planungen) und ist über die vier Projektstandorte (Aachen, Bremen, Paderborn, Potsdam) gleichmäßig verteilt.

Vorläufige Ergebnisse

Es zeigen sich in keinem der bisher untersuchten Merkmale signifikante Veränderungen über das Praxissemester ($0.06 < p < 0.96$). In Abbildung 1 sind Balkendiagramme zu drei zentralen Ergebnissen in Bezug auf die Qualität der Umsetzung der Handlungskettenschritte dargestellt. Zu beachten ist, dass sich die Anzahl der Niveaustufen je nach Merkmal unterscheidet.

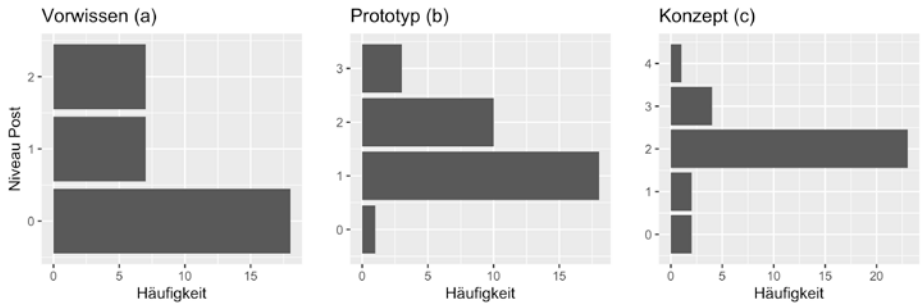


Abb. 1 Aspekte der Qualität der Umsetzung der Handlungskettenschritte in der Unterrichtsplanung nach dem Praxissemester für die ersten drei Handlungskettenschritte des Basismodells „Konzeptbildung“

Bewusstmachung des Vorwissens (Abb. 1a)
Im Rahmen der Aktivierung konnte festgestellt werden, dass der Großteil der Studierenden den Unterricht so plant, dass sich damit wahrscheinlich kein relevantes Vorwissen aktivieren lässt, sondern eher das Präkonzept anhand eines Beispiels aktiviert wird (Niveau 0). Sieben Studierende aktivieren hier relevantes Vorwissen (Niveau 2, z. B. Wirkungen von Kräften) weitere sieben beschreiben wenigstens grob, welches Vorwissen sie aktivieren wollen (Niveau 1, Wiederholung Kraft).

Durcharbeiten eines Prototyps (Abb. 1b)
Um diesen Schritt gegenüber dem Modell Lernen durch Eigenerfahrung abzugrenzen, wurde hier kodiert, inwiefern die Studierenden die Quelle des Theoriewissens beschreiben. Studierende gelangen hier kaum auf das höchste Niveau (3), bei dem dies transparent sein muss (Lehrbuchtext, Lehrkrafterklärung, ...). Die meisten Studierenden planen ein gelenktes Unterrichtsgespräch (Niveau 2) oder es ist gänzlich unklar, aus welcher Quelle das Theoriewissen stammt (Niveau 1). Nur eine der 32 Person beschreibt eine Unterrichtsstunde ohne einen funktionalen Prototyp (Niveau 0).

Beschreiben der wichtigsten Merkmale des Konzepts (Abb. 1c)
Hier ist die zentrale Tendenz sehr deutlich. Rund 72% der Studierenden (23 Personen) planen im Rahmen der Beschreibung des allgemeinen Konzepts lediglich einen Standardmerksatz oder ein entsprechendes Tafelbild ein (Niveau 2). Eine Erklärung der Lehrkraft oder zusätzliche Elemente (z. B. die Kräfte greifen an unterschiedlichen Körpern an) sind hier selten zu finden.

Diskussion
Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich gut mit dem bisherigen Forschungsstand zu Basismodellen in Verbindung bringen. Hinsichtlich der Aktivierung von Vorwissen konnte bereits gezeigt werden, dass Lehrkräfte in Deutschland seltener Wiederholungen durchführen als finnische L*L (Beerenwinkel & Börlin, 2014). Auch deutet sich in der mangelnden Spezifikation der Theoriewissensquelle beim Prototyp die bekannte problematische Vermischung zwischen Lernen durch Eigenerfahrung und Konzeptbildung an (Geller, Neumann & Fischer, 2014). Möglicherweise führen aufwändig entdeckende prototypische Phasen – die eigentlich dem Lernen durch Eigenerfahrung entsprechen – hier häufig dazu, dass nur ein einfacher Standardmerksatz notiert und das Konzept nicht auf einem ausreichend abstrakten Niveau dargestellt wird (ähnlich Reyer, 2004).
Einschränkend muss angemerkt werden, dass der Planungstest (z. B. dadurch, dass es sich um eine fiktive Klasse handelt) bestimmte Inkonsistenzen zu BMT provozieren kann (hier unzureichende Aktivierung von relevantem Vorwissen).

Implikationen
Es ist auffällig, dass auch schon vor dem Praxissemester die Umsetzung der Basismodelle im Mittel große Mängel aufweist. Auch scheint das Praxissemester nicht dazu zu führen, dass sich diese Qualität verbessert. Es ist zu untersuchen, inwiefern hier konkurrierende Lerntheorien oder Fehlvorstellungen von konstruktivistischem Lernen von Bedeutung sind (s. auch Geller, 2015). Werden die Basismodelle im Rahmen der universitären Veranstaltungen selbst mithilfe der Konzeptbildung gelehrt, so ist es wahrscheinlich sinnvoll, insbesondere die Phase der Vernetzung zu nutzen, um die BMT verstärkt mit anderen Ansätzen (z. B. aus der Pädagogik Martin Wagenscheins) zu vergleichen.

Literatur

Beerenwinkel, A. & Börlin, J. (2014). Surface Level: Teaching Time, Lesson Phases and Types of Interaction. In H.E. Fischer; P. Labudde; K. Neumann, J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics Comparing Finland, Switzerland and Germany* (S. 65–79). Münster, New York: Waxmann.

Bybee, R.W., Taylor, J. a, Gardner, A., Scotter, P. V, Powell, J.C., Westbrook, A. et al. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs, CO.

Geller, C. (2015). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*. Berlin: Logos.

Geller, C., Neumann, K. & Fischer, H.E. (2014). A Deeper Look inside Teaching Scripts: Learning Process Orientations in Finland, Germany and Switzerland. In H.E. Fischer; P. Labudde; K. Neumann, J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics Comparing Finland, Switzerland and Germany* (S. 81–92). Münster, New York: Waxmann.

Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht*. *Ganz In. Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium in NRW*. Münster: Waxmann.

Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Universität Regensburg. Verfügbar unter: https://epub.uni-regensburg.de/33741/

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.

Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen.

Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching* (4. Auflage, S. 1031–1065). Washington: American Educational Research Association.

Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens, Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft (89)*. Freiburg (Schweiz).

Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Berlin: Logos.

Rothland, M. & Boecker, S.K. (2014). Wider das Imitationslernen in verlängerten Praxisphasen. Potenzial und Bedingungen des Forschenden Lernens im Praxissemester. *Die Deutsche Schule*, *106* (4), 386–397.

Schröder, J., Vogelsang, C. & Riese, J. (2019). Untersuchung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 353–356). Regensburg: Universität Regensburg.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H.E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. Learning-process-oriented in-service training in physics. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *13*, 9–31.

Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C. et al. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik. *Zeitrschrift für Pädagogik*, *65* (4), 473–491.

Wackermann, R. (2008). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Berlin: Logos.

Wackermann, R. & Priemer, B. (2013). Tiefenstrukturen im Physikunterricht mit Schülerexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 218–220). Kiel: IPN.

Wackermann, R., Trendel, G. & Fischer, H.E. (2010). Evaluation of a theory of instructional sequences for physics instruction. *International Journal of Science Education*, *32* (7), 963–985.

Zander, S. (2016). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen*. Berlin: Logos.

Philipp Spitzer Universität Wien (AECC Chemie)

Sind naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche „Nerds“?

Auf den ersten Blick scheint die Aussage provokativ und deren Inhalt für eine chemiebezogene Berufswahl nur bedingt nützlich zu sein. Eine chemiebezogene Berufwahl wird von vielen Faktoren wie beispielsweise Interessenfaktoren beeinflusst (Höffler, Köhler & Parchmann 2019), jedoch konnten als bedeutende Einflussfaktoren auch das Fachimage (Spitzer & Gröger 2018; Weßnigk & Euler 2014) sowie die wahrgenommene Distanz zu Chemieprototypen (Albertus 2015; Spitzer 2017) identifiziert werden. Eigene Studien zeigen hier insbesondere in der Oberstufe eine deutliche Dominanz von Imagefaktoren. Dies konnte sowohl im Quer- als auch im Längsschnitt gezeigt werden (Spitzer & Lembens 2019). Ausgehend von diesen Befunden wurden 2018 erstmalig naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche im Alter zwischen 14 und 15 Jahren im Rahmen der nordrheinwestfälischen Juniorakademien (Juniorakademie NRW) zu den an das BIG-Five-Modell angelehnten Persönlichkeitsfaktoren befragt. Diese Befragung wurde 2019 wiederholt (siehe Abb. 1).

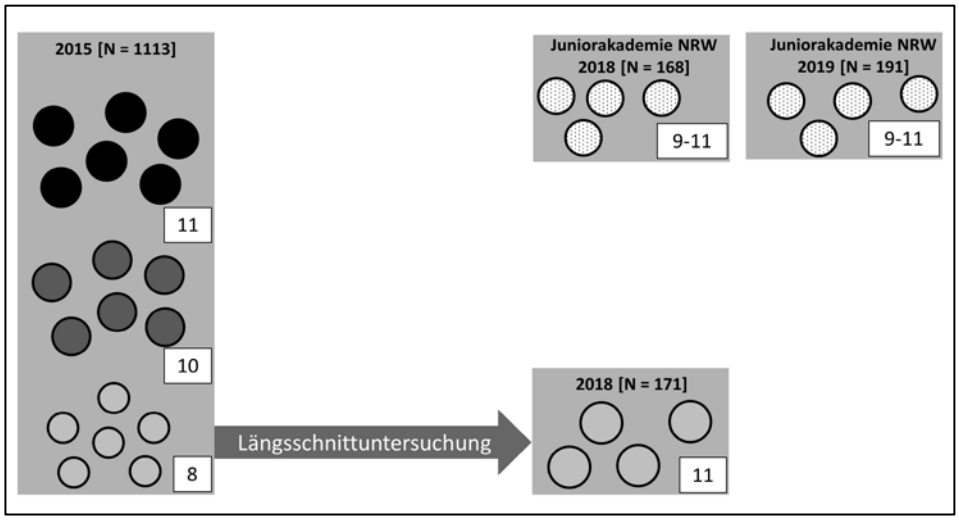


Abb. 1: Zusammensetzung der Stichprobe

Ziel der Befragung ist zum einen die Erhebung der Selbstbeschreibung und der Beschreibung eines chemischen Prototypens. Erwartungsgemäß sollte der Abstand zwischen Selbstbeschreibung und Beschreibung einer im chemischen Bereich tätigen Person bei der Gruppe der MINT-interessierten Jugendlichen geringer ausfallen. Zweites Ziel der Befragung ist die Identifikation von im Vergleich zur Gleichaltrigen signifikant höher oder niedriger ausgeprägten Persönlichkeitsmerkmalen des Big-Five-Persönlichkeitsmodells. Studien aus dem Bereich der Informatik deuten berufsgruppenspezifische Ausprägungen dieser an. So sind gute Softwareprogrammierer eher introvertiert, gewissenhaft und offen für neue Erfahrungen (Capretz 2003).

Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung naturwissenschaftlich interessierter Jugendlicher

Die Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung wurde in Anlehnung an Hannover & Kessels (2002) mit aus testökonomischen Gründen gekürztem Itemsatz erhoben (Spitzer 2017). Zum Vergleich sind die Mittelwerte zusammen mit den Mittelwerten der Längsschnittuntersuchung in Abbildung 2 aufgetragen. Mit Hilfe von t-Tests können signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung der beiden Gruppen identifiziert werden.

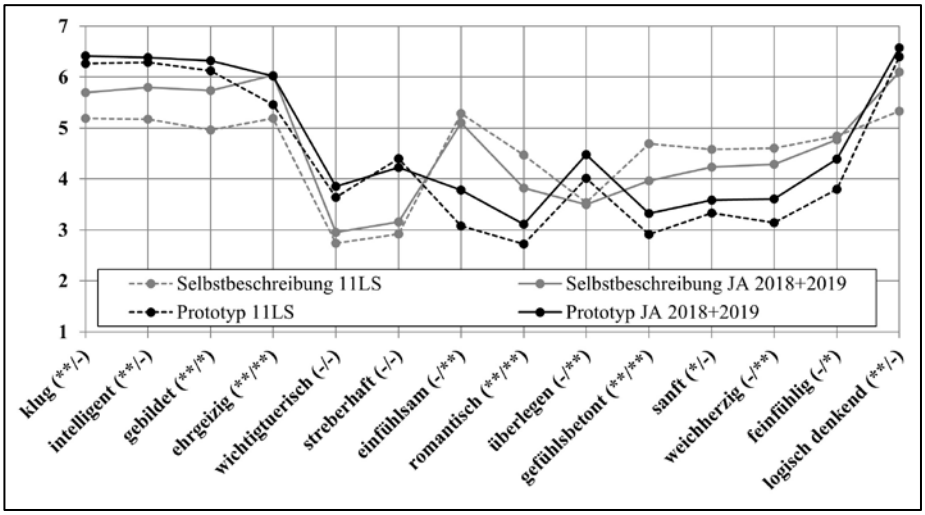


Abb 2: Abstand zwischen Selbstbeschreibung und Beschreibung eines chemischen Prototypens (1 stimme gar nicht zu bis 7 stimme voll zu) bei Jugendlichen der 11 Jgst. Sowie Teilnehmer/-innen der Juniorakademie NRW 2018 und 2019. In Klammern angegeben ist das Ergebnis des t-Test zwischen den Selbstbeschreibungen sowie den Beschreibungen der Prototypen

Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied der beiden Gruppen in der Selbstbeschreibung mit Adjektiven wie „klug“, „intelligent“, „gebildet“, „ehrgeizig“ sowie „romantisch“. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Juniorakademie beschreiben sich selbst als klüger, intelligenter und gebildeter, jedoch auch als weniger gefühlsbetont, sanft und weichherzig. Bezüglich der Attribute „klug“, „intelligent“, „gebildet“ und „ehrgeizig“ gibt es nur geringe signifikante Unterschiede zwischen Lernenden der Jahrgangsstufe 11 und Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Juniorakademie. Deutlicher unterscheiden sich die Prototypen in Bezug auf die Attribute „sanft“, „weichherzig“ oder „romantisch“. Die Teilnehmenden der Juniorakademie beschreiben die Prototypen hier signifikant positiver. Insgesamt zeigt sich bei den MINT-interessierten Jugendlichen eine signifikante Annäherung von Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung.

Besondere Ausprägung der Persönlichkeitsfaktoren von MINT-interessierten Jugendlichen

Die zuvor beschriebene Annäherung von Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung wirft die Frage auf, ob MINT-interessierte Jugendliche womöglich eine besondere Ausprägung gewisser Persönlichkeitsmerkmale haben. Zusätzlich zur Erhebung der Selbst-

und Prototypenbeschreibung wurden daher die BIG-Five Persönlichkeitsfaktoren mit Hilfe des BFI-10, einer Kurzversion des BFI getestet (Rammstedt et al. 2013). Die errechneten Mittelwerte sind in Tabelle 1 angeführt.

	Männlich		**Weiblich**	
	Interessierte	**Interpretation nach BFI-10 (18-35 Jahre)**	**Interessierte**	**Interpretation nach BFI-10 (18-35 Jahre)**
Extraversion	3,33	gering	3,29	gering
Neurotizismus	2,66	gering	3,08	gering
Offenheit für Erfahrungen	3,25	gering – mittel	3,83	hoch
Gewissenhaftigkeit	3,56	gering	3,85	gering - mittel
Verträglichkeit	3,08	gering	3,19	gering

Tab. 1: Mittelwerte der Persönlichkeitsfaktoren (1 = sehr unzutreffend bis 5 = sehr zutreffend) und deren Interpretation nach Rammstedt et al. (2012).

Die Mädchen sind demnach weniger neurotisch, offener für Erfahrungen, introvertierter, und weniger verträglich als Schülerinnen im Alter von 18-35 Jahren der Normgruppe. Beim Faktor „Gewissenhaftigkeit“ unterscheiden sie sich nicht wesentlich von der Normgruppe. Die männlichen Teilnehmer der Juniorakademie sind ebenso introvertiert, weniger verträglich, weniger neurotisch, jedoch im Unterschied zu den Mädchen nicht ganz so offen für neue Erfahrungen.
Die Ergebnisse zeigen möglicherweise eine erste Tendenz bei der Identifikation typischer Persönlichkeitsmerkmale. So scheinen MINT-interessierte Jugendliche eher introvertiert, wenig neurotisch und wenig verträglich zu sein. Die Stichprobe ist jedoch eher gering und auch die Normierungsgruppe der 18-35-jährigen nur bedingt aussagekräftig.

Ausblick
Die beschriebenen Ergebnisse zeigen eine im Vergleich zu gleichaltrigen Lernenden geringere Distanz zwischen Selbstbeschreibung und Beschreibung eines chemischen Prototypens bei naturwissenschaftlich interessierten Jugendlichen. Dieser Unterschied wurde auch bei wiederholter Befragung einer ähnlichen Personengruppe deutlich. Bei den erhobenen Persönlichkeitsfaktoren zeigt sich eine Ausprägung, die dem in der Gesellschaft bekannten „Nerd-Image“ zugeschrieben werden kann.
Um hier jedoch fundierte Aussagen treffen zu können, ist weiterer Forschungsbedarf notwendig. Zum einen müssen die Persönlichkeitsfaktoren von nicht naturwissenschaftlich interessierten Schülerinnen und Schülern erhoben werden um eine angemessene Vergleichsgruppe zu generieren. Bei der Befragung im Sommer 2019 wurde zugunsten besserer Reliabilität zudem ein erweiterter Itemsatz zur Erfassung der Persönlichkeitsfaktoren verwendet.
Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Erhebung von Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung bei Studierenden der Chemie und anderer naturwissenschaftlicher Fächer in verschiedenen Semestern. Auf diese Weise kann überprüft werden ob sich Selbstbeschreibung und Prototypenbeschreibung weiter annähern und zu welchem Zeitpunkt während des Studiums der Abstand verschwindet.

Literatur

Albertus, M. (2015). Berufliche Orientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts. Eine Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Capretz, L.F. (2003). Personality types in software engineering. International Journal of Human-Computer Studies, 58(2), 207–214.

Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. In Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen (Band 45). Weinheim: Beltz, 341–358.

Höffler, T.N., Köhler, C. & Parchmann, I. (2019). Scientists of the future: an analysis of talented students' interests. International Journal of STEM Education, 6(1), 29.

Rammstedt, B., Kemper, C.J., Klein, M.C., Beierlein, C. & Kovaleva, A. (2012). Eine kurze Skala zur Messung der fünf Dimensionen der Persönlichkeit: Big-Five-Inventory-10 (BFI-10), Mannheim: GESIS.

Rammstedt, B., Kemper, C.J., Klein, M.C., Beierlein, C. & Kovaleva, A. (2013). Big Five Inventory (BFI-10). methoden, daten, analysen, 7(2), 233–249.

Spitzer, P. (2017). Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht. Siegen, Universität.

Spitzer, P. & Gröger, M. (2018). Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten von Schülerinnen und Schülern. CHEMKON, 25(7), 263–268.

Spitzer, P. & Lembens, A. (2019). Die chemiebezogene Berufswahl von Lernenden im Quer- und Längsschnitt. In Maurer, C. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Regensburg: Universität Regensburg, 436–439.

Weßnigk, S. & Euler, M. (2014). Wie die Produktion von Eierlöffeln das Image von Chemie und Physik verändern kann. CHEMKON, 21(3), 123–128.

Lilith Rüschenpöhler Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Silvija Markic Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Chemistry Capital: Ein Schlüssel zur Identitätsbildung

Manche Jugendliche entwickeln wie selbstverständlich eine Chemie-Identität während anderen das Fach fremd bleibt. In der *Science-Identity*-Forschung werden diese Unterschiede überwiegend aus psychologischer Perspektive gedeutet (z. B. bei Calabrese Barton, 1998), wohingegen der soziale Kontext häufig vernachlässigt wird (Shanahan, 2009).

Hier setzt die *Science-Capital*-Forschung an. Sie geht von der Feststellung aus, dass naturwissenschaftliche Identitäten von Schülerinnen und Schülern ungleich verteilt sind, abhängig von *gender*, kulturellem Hintergrund und sozialer Schicht. Mit dem Begriff *Science Capital* lassen sich diese sozialen Ungleichheiten analysieren. Die *Science-Capital*-Forschung betrachtet die Identitäten somit in ihrem soziokulturellen Kontext (Rüschenpöhler & Markic, angenommen). *Science Capital* umfasst alle Ressourcen einer Person, die im Feld der Naturwissenschaften Wert haben. Das Kapital kann analog zu einer Währung als Tauschmittel genutzt und über Generationen weitergegeben werden, wie z. B. von Eltern zu ihren Kindern. *Science Capital* umfasst soziales Kapital (z. B. Kontakte zu NaturwissenschaftlerInnen), kulturelles Kapital (z. B. Wissen, positive Einstellungen zu Naturwissenschaften) und ökonomisches Kapital (z. B. finanzielle Mittel für den Eintritt in naturwissenschaftliche Museen) (Archer, DeWitt & Willis, 2014; Archer, Dawson, DeWitt, Seakins & Wong 2015a; Carlone, Webb, Archer & Taylor, 2015).

Ziel der vorliegenden Studie (Rüschenpöhler & Markic, angenommen) ist zu verstehen, wie Schülerinnen und Schüler Kapital im Feld der Chemie aufbauen. Hierzu definierten wir *Chemistry Capital* als „a person's resources that help him or her to succeed in the field of chemistry" (Rüschenpöhler & Markic, angenommen). Wir wollten herausfinden, wie Schülerinnen und Schüler *Chemistry Capital* akquirieren. Uns interessieren der Einfluss des häuslichen Umfelds und der Schule (z. B. Prozesse sozialer Reproduktion; vgl. Archer, Dewitt & Osborne, 2015b) sowie individuelle Strategien, die Jugendliche nutzen, um *Chemistry Capital* unabhängig von ihrem sozialen Umfeld aufzubauen.

Methode

Im Vorfeld pilotierten wir einen Leitfaden für halbstrukturierte Interviews (Qu & Dumay, 2011) (N=4). Anschließend interviewten wir 48 Schülerinnen und Schüler der Klassen 8-10 von 6 Schulen. 48 % waren weiblich, 83 % dieser Jugendlichen hatten einen Migrationshintergrund. Die Daten wurden in einer thematischen Analyse nach Braun und Clarke (2006) in vier Schritten analysiert. Zunächst wurde aus der *Science-Capital*-Literatur ein *a-priori*-Codierschema entwickelt. Anschließend wurden die Daten mit *structural* und *process coding* (Saldaña, 2016) in mehreren Schritten codiert, um ein kohärentes Codierschema zu erhalten und die Daten konsistent zu analysieren. Dann wurde für jedes Interview ein kausales Netzwerk (Miles, Huberman & Saldaña, 2014) mitsamt Fallbeschreibung gebildet, basierend auf dem Begriff der lokalen Kausalität (Maxwell, 2012). Zuletzt ordneten wir die Fälle mit *pattern coding* (Saldaña, 2016) in Gruppen.

Ergebnisse

In der Analyse konnten vier Gruppen unterschieden werden nach dem Kapital, über das die Jugendlichen zu Hause verfügen. Im Folgenden werden diese Gruppen charakterisiert. Eine genauere Beschreibung findet sich bei Rüschenpöhler und Markic (angenommen).

Gruppe 1: Schülerinnen und Schüler mit Chemistry Capital zu Hause
In die erste Gruppe fielen Schülerinnen und Schüler, die zu Hause auf spezifisches *Chemistry Capital* zugreifen können (*N*=6). Fünf dieser Jugendlichen besuchten ein Gymnasium, einer eine Realschule. In dieser Gruppe wurde deutlich, dass das *Chemistry Capital* zu Hause einen starken Einfluss auf den Zugang der Jugendlichen zur Chemie hat. Alle Jugendlichen dieser Gruppe verfügen über eine Person zu Hause, die ihnen Chemie erklärt. Das ist eine Wissensressource. Weiterhin können die Erwachsenen als Rollenvorbilder auftreten und somit eine Persistenz beim Chemielernen bewirken. Der Einfluss des *Chemistry Capital* im häuslichen Umfeld zeigt sich auch in konkretem Verhalten: Das Zuhause dieser Schülerinnen und Schüler regt Aktivitäten mit Chemiebezug an. Einige führen mit einer Person aus dem häuslichen Umfeld Experimente durch. Solche Erlebnisse können Wissen verankern und das Chemielernen befördern. In dieser Gruppe herrscht eine Atmosphäre, in der Chemie ein natürlicher Bestandteil des Familienlebens ist.

Gruppe 2: Schülerinnen und Schüler mit allgemeinem Bildungskapital zu Hause
In die zweite Gruppe fielen Schülerinnen und Schüler, die über starkes, nicht-chemiespezifisches Bildungskapital zu Hause verfügen (*N*=4). Drei Jugendliche besuchten ein Gymnasium, eine die Realschule. Das familiäre Umfeld dieser Jugendlichen ist geprägt durch Bildungsnähe und starke Bildungsaspirationen. Dieses allgemeine Bildungskapital unterstützt das Chemielernen auf indirektem Weg. So verfügen einige der Erwachsene zu Hause über das ökonomische Kapital und die Bereitschaft, eine private Nachhilfe für die Jugendlichen zu bezahlen. Sie nutzen ihr ökonomisches Kapital, um ihren Kindern das *Chemistry Capital* durch andere Personen zu eröffnen. Ähnlich indirekt unterstützt dieses familiäre Umfeld auch die Bildung einer emotionalen Bindung zur Chemie: Wissenserwerb und Wissen sind essentieller Bestandteil des Familienlebens. Neues Wissen ist in diesem Umfeld willkommen und Vorbilder für Lernprozesse sind vorhanden. Dies kann ein Ansporn sein, sich beim Lernen anzustrengen, da durch das neu erworbene Chemiewissen interessante Gespräche zu Hause entstehen. Weiterhin regt das häusliche Umfeld zwar keine direkten Aktivitäten mit Chemiebezug an, jedoch Aktivitäten, die den Wissenserwerb allgemein fördern (z. B. regelmäßig Dokumentationen schauen), sodass hier auch der Wissenserwerb in Chemie gefördert werden kann.

Gruppe 3: Schülerinnen und Schüler mit kaum Kapital zu Hause
In die dritte Gruppe fielen Jugendliche, die zu Hause über kaum Bildungskapital verfügen (*N*=9). Drei Jugendliche besuchten ein Gymnasium, fünf eine Realschule und einer eine Hauptschule. Diese Schülerinnen und Schüler befinden sich in einer besonderen Situation: Selbst wenn sie über geringes Chemiewissen verfügen, sind sie zu Hause die Chemie-Experten. Denn im Gegensatz zu Gruppe 1 und 2 ist hier zu Hause weder Chemiewissen noch vertiefte Kenntnis über die Wege vorhanden, wie man dies erwerben kann. Die Jugendlichen tragen in Gesprächen über Chemie daher die Verantwortung für die fachliche Korrektheit. Einzelne Jugendliche aus dieser Gruppe berichteten von Spannungen wegen konfligierender Weltanschauungen, zum Beispiel, wenn das Teilchenmodell zu Hause unbekannt ist. Die emotionale Bindung an Chemie zu Hause geht i. d. R. über ein vages Interesse nicht hinaus. In einigen Familien gibt es Bemühungen, *Chemistry Capital* zu fördern, was jedoch nicht immer gelingt, da z. T. unklar ist, wie *Chemistry Capital* akquiriert werden kann. Wenn Unterstützung gelingt, ist diese prozessorientiert.

Gruppe 4: Bildungskapital zu Hause abwesend
In die vierte Gruppe fielen Jugendliche, deren familiäres Umfeld von einer Abwesenheit von Bildungskapital geprägt ist (*N*=29). Vier dieser Jugendlichen besuchten ein Gymnasium, 14

eine Realschule und 11 eine Hauptschule. Das lässt vermuten, dass ein Zusammenhang zwischen *Chemistry Capital* zu Hause und Schultyp bestehen könnte, da Jugendliche von Hauptschulen überrepräsentiert sind. Auch hier zeigten sich in einigen Fällen Differenzen in den Weltanschauungen, jedoch z. T. deutlich drastischer. Das Teilchenkonzept bedeutet für einige Jugendliche einen Konzeptwechsel mit emotionalem Konflikt. Einigen erscheint weiterhin Chemiewissen inkompatibel mit ihrer Religion im privaten Umfeld. Einigen Jugendlichen erscheint Chemie als Fremdsprache – im übertragenen wie auch im wörtlichen Sinn. Durch diese Grenze zwischen Chemie und Zuhause erleben viele Jugendliche Chemie als irrelevant und langweilig. Hinzu kommt, dass alle Jugendlichen an Hauptschulen fachfremd unterrichtet wurden. Dies bietet wenig Gelegenheit, *Chemistry Capital* aufzubauen. Zum Teil zeigten sich massive Fehlvorstellungen. Für einige Jugendliche hat dies drastische Konsequenzen: Zwei Schülerinnen interessieren sich für einen Ausbildungsberuf. Sie schätzen ihre Bewerbungschancen als schlecht ein, da es ihnen am nötigen Chemiewissen mangelt. Dennoch gelingt es einzelnen Jugendlichen, gegen diesen Trend *Chemistry Capital* aufbauen. Zwei Schüler folgen einem YouTuber und bauen dadurch Wissen und eine starke emotionale Bindung zur Chemie auf. Einer dieser Schüler bewarb sich sogar für eine Ausbildung als Chemikand.

Diskussion und Fazit

Das Konzept des *Chemistry Capital* erweist sich als analytisch starkes Werkzeug, um Prozesse sozialer Reproduktion aufzudecken. Es konnte gezeigt werden, (i) wie stark der Einfluss des in der Familie verankerten *Chemistry Capitals* auf die Schülerinnen und Schüler ist. Familien tendieren dazu, ihr *Chemistry Capital* in Prozessen sozialer Reproduktion weiterzugeben (vgl. Archer, Dewitt & Osborne, 2015b). Weiterhin zeigt die Studie, (ii) die Habituskonflike, die einige Jugendliche in Kontakt mit Chemie erleben. Der familiäre Kontext ist für viele nur lose mit Chemie verbunden, weshalb sich einige von der Chemie distanzieren, um Konflikte zu vermeiden. (iii) Jedoch treten einige Jugendliche virtuell in Kontakt mit YouTubern, die über *Chemistry Capital* verfügen, und akquirieren so *Chemistry Capital* unabhängig von ihrem sozialen Umfeld. Weiterhin zeigt die Studie, (iv) dass möglicherweise eine strukturelle Diskriminierung von Jugendlichen mit wenig *Chemistry Capital* vorliegt. In allen Hauptschulklassen der Stichprobe wurde Chemie fachfremd unterrichtet. Den Jugendlichen wird somit eine zentrale Ressource von *Chemistry Capital* vorenthalten. Das kann bereits existierende soziale Ungleichheiten perpetuieren.

Handlungsbedarf besteht auf vielen Ebenen. Auf Ebene der Forschung sind quantitative Untersuchungen und Beobachtungsstudien zur Akquisition von *Chemistry Capital* nötig. Weiterhin gilt es, in Interventionsstudien zu erforschen, wie die Akquisition von *Chemistry Capital* unterstützt werden kann. Insbesondere die Arbeit mit *Social Media* sowie der Einbezug von Erwachsenen aus dem häuslichen Umfeld erscheinen vielversprechend. Weiterhin sollte die soziologische Perspektive in die Bildung von Chemielehrkräften integriert werden, um für die sehr unterschiedlichen Hintergründe der Jugendlichen zu sensibilisieren. Darüber hinaus ist ein Handeln auf politischer Ebene gefragt. Denn um Chancengleichheit für alle Jugendlichen ernsthaft anzustreben, bedarf es einer anderen Ausstattung der Hauptschulen und vergleichbarer Schultypen. Hier werden mehr pädagogische Fachkräfte gebraucht, damit soziale Spannungen aufgegriffen werden und die Chemielehrkräfte einen qualitativ hochwertigen Fachunterricht gewährleisten können.

Danksagung

Diese Studie wurde durch die interne Forschungsförderung der PH Ludwigsburg gefördert.

Literatur

Archer, L., DeWitt, J., & Willis, B. (2014). Adolescent boys' science aspirations: Masculinity, capital, and power. Journal of Research in Science Teaching, 51(1), 1–30. DOI: 10.1002/tea.21122

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015a). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. Journal of Research in Science Teaching, 52(7), 922–948. DOI: 10.1002/tea.21227

Archer, L., Dewitt, J., & Osborne, J. (2015b). Is science for us? Black students' and parents' views of science and science careers. Science Education, 99(2), 199–237. DOI: 10.1002/sce.21146

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. DOI: 10.1191/1478088706qp063oa

Calabrese Barton, A. (1998). Teaching science with homeless children: Pedagogy, representation and identity. Journal of Research in Science Teaching, 35, 379–394.

Carlone, H. B., Webb, A. W., Archer, L., & Taylor, M. (2015). What kind of boy does science? A critical perspective on the science trajectories of four scientifically talented boys. Science Education, 99(3), 438–464. DOI: 10.1002/sce.21155

Maxwell, J. A. (2012). The importance of qualitative research for causal explanation in education. Qualitative Inquiry, 18(8), 655–661. DOI: 10.1177/1077800412452856

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (3. Aufl.). Thousand Oaks: SAGE.

Qu, S. Q., & Dumay, J. (2011). The qualitative research interview. Qualitative Research in Accounting & Management, 8(3), 238–264. DOI: 10.1108/11766091111162070

Rüschenpöhler, L., & Markic, S. (angenommen). Secondary school students' acquisition of science capital in the field of chemistry. Chemistry Education Research and Practice.

Saldaña, J. (2016). The coding manual for qualitative researchers (3. Aufl.). Los Angeles, London: SAGE.

Shanahan, M. (2009). Identity in science learning: Exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. Studies in Science Education, 45(1), 43–64. DOI: 10.1080/03057260802681847

Jannis Weber
Thomas Wilhelm

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Eine vergleichende Untersuchung zur Newton‘schen Mechanik

Motivation

Für Lernende liegt die Aufgabe der Mechanik in der Beschreibung realer Abläufe (Schecker & Wilhelm, 2018). Authentische Bewegungsabläufe finden aufgrund ihrer mathematischen Komplexität aber oft keinen Einzug in den Mechanikunterricht. Schwierigkeiten bestehen für Schülerinnen und Schüler gerade darin, sich in idealisierte Situationen hineinzudenken (Schecker, 1985). Nicht zuletzt deswegen ist zu beobachten, dass Lernende auch nach dem Unterricht in Mechanik kein angemessenes Kraftverständnis aufweisen (Wilhelm, 2005a) und sich die Schülerfehlvorstellungen in der Mechanik als sehr vielfältig und hartnäckig herausstellen.

Als Lösungsansatz dieses Problems soll hier die mathematische Modellbildung vorgestellt und mit dem messenden Verfahren der Videoanalyse verglichen werden. Mathematische Modellbildung bezeichnet die *„Konstruktion eines Netzwerks physikalischer Begriffe und Beziehungen, mit denen das Verhalten eines Systems beschrieben und vorhergesagt werden kann“* (Schecker, 1998). Modellbildungssysteme sind Computerprogramme, die numerisch eine Lösung der modellierten Gleichungszusammenhänge finden. Dadurch tritt die Mathematik in den Hintergrund, es können mehr Bewegungsphänomene im Unterricht behandelt werden (Bethge & Schecker, 1990) und Lernende erhalten unmittelbare Rückmeldungen über ihre formulierten Hypothesen. Ein direkter Vergleich mit realen Messdaten kann zudem eine stärkere Verknüpfung von Modell und Experiment ermöglichen und damit wissenschaftliche Arbeitsweisen vermitteln.

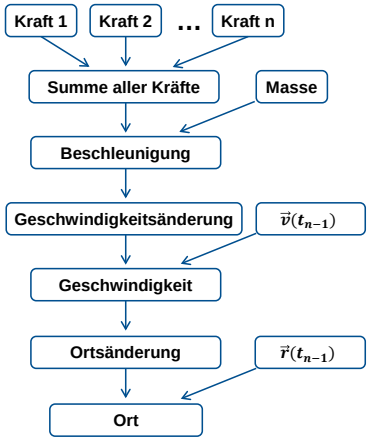


Abb. 1: Argumentationsstruktur bei Modellbildung in der Mechanik

Forschungslage zur mathematischen Modellbildung

Eine DFG-Studie (Schecker et al., 1999) konnte zeigen, dass die erlernten Argumentationsmuster der Newton‘schen Mechanik auch in Situationen ohne Modellbildung genutzt werden. Sander kam zu dem Schluss, dass eine Auseinandersetzung mit den begrifflichen Grundlagen der Versuche im Praktikum gefördert wird (Sander, 2000 und Sander, Schecker & Niedderer, 2001). Er arbeitete heraus, dass die Modellbildung sich gut als intelligentes Üben eignet, für die Entwicklung neuen begrifflichen Wissens aber ungeeignet ist. Wechselwirkungen zwischen Experimentier- und Modellebene wurden nur eingeschränkt angeregt, wobei ein Erklärungsansatz dafür ist, dass Messdaten und berechnete Daten auf separaten Bildschirmen verglichen werden mussten. Wilhelm konnte zeigen, dass Lernende nach einem Mechanikunterricht mit Modellbildung eher der Meinung sind, Physik habe etwas mit der Realität zu tun (Wilhelm, 2005b). Die untersuchten Concept Maps zeigten deutlich, dass das strukturelle Wissen ebenfalls zugenommen hatte.

Es gibt also Hinweise, dass der Einsatz von mathematischer Modellbildungssoftware das Verständnis der Newton‘schen Mechanik verbessern und zu einem interessanten und schülerorientieren Unterricht führen kann, in dem wissenschaftliche Vorgehensweisen betont werden.

Diese Ergebnisse liegen aber nicht für aktuelle Software vor, beziehen sich ausschließlich auf graphische Modellbildungsprogramme und liefern keine Aussage über den Vergleich mit Realdaten in einer einzigen Programmoberfläche. Dieser Vergleich ist mit heutigen Programmen aber leicht möglich (Weber & Wilhelm, 2018 & 2019).

Vergleich von modellierenden mit messenden Verfahren

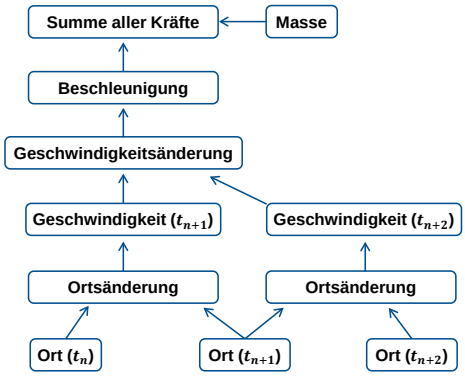


Abb. 2: Argumentationslogik bei messenden Verfahren in der Mechanik

Postuliert wird also, dass das Modellieren einer Bewegung zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit den grundlegenden Zusammenhängen der Newton'schen Mechanik führt. Der Unterschied des Modellierens im Vergleich zu messenden Verfahren liegt in der Argumentationsstruktur. Wenn Lernende Bewegungen modellieren, schließen sie, ausgehend von den einzelnen Kräften, von der Summe aller Kräfte auf die Beschleunigung und letztlich den Ort (Abb. 1). Bei messenden Verfahren, wie z. B. der Videoanalyse von Bewegungen, wird wiederum der Ort gemessen und dadurch auf die Beschleunigung und letztlich auf die Summe aller Kräfte geschlossen (Abb. 2).

Studiendesign

Um herauszufinden, ob sich eine der beiden Herangehensweise an die Mechanik besser zum Lernen der Mechanik eignet, wurde eine vergleichende Interventionsstudie entworfen. Die Interventionen finden im Schülerlabor der Goethe-Universität mit Klassen der Einführungsphase in die gymnasiale Oberstufe statt und unterscheiden sich nur in der verwendeten Software und der Herangehensweise an die Zusammenhänge der Mechanik. Die durchgeführten Experimente und inhaltlichen Fragen sind in beiden Gruppen identisch. Durch einen Pre- und Posttest sollen Veränderungen gemessen werden. Um den Effekt der Intervention und die Unterschiede zwischen den Gruppen gut messen zu können, wurde ein Testinstrument entwickelt und pilotiert. Dabei wurden Items aus bekannten Tests übernommen und zum Teil für diesen Zweck abgeändert und weitere neu erstellt (Items für Teil 1: Helmke, 1992; Kunter et al., 2002; Spatz et al., 2018. Items für Teil 2: Laukenmann et al., 2000. Items für Teil 3: Priemer, 2003. Items für Teil 4: Warren, 1979; Hestenes et al., 1992; Hestenes & Wells, 1992; Gerdes & Schecker, 1999; Flores et al., 2004; Wilhelm, 2005a; Wilhelm, 2005b; Wilhelm, 2007).

Pilotierung

Die Intervention und das erstellte Testinstrument wurden mit $N = 85$ Schülerinnen und Schülern pilotiert. Das Testinstrument besteht aus vier Teilen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gestellt wurden (die Zahlen in Klammern entsprechen den Items vor der Reduktion).

Teil	Items	Vortest	Nachtest
1. Affektive Merkmale zur Physik	8 (13)	x	
2. Bewertung der Intervention	12 (15)		x
3. Wiss. Erkenntnisprozess	13 (20)	x	x
4. Newton'sche Mechanik	19 (45)	x	x

Dabei konnten in den verschiedenen Teilen durch explorative Faktorenanalysen inhaltlich gut interpretierbare Skalen gefunden werden.

Teil	Skalenbezeichnung	Items	α_C	Beispielitem
1	Fachspezifisches Selbstkonzept	4	0,93	„Ich traue mir im Fach Physik viel zu.“
1	Interesse am Physikunterricht	4	0,87	„Mir macht Physikunterricht Spaß.“
2	Bewertung der Software	5	0,85	„Ich konnte mich schnell in das Programm einarbeiten.“
2	Relevanz des behandelten Themas	3	0,78	„Ich fand das Thema wichtig.“
2	Spaß an der Intervention	4	0,85	„Ich war mit dem Tag zufrieden.“
3	Rolle von Mathematik und Modell im Erkenntnisprozess	7	0,71	„Modelle in der Physik dienen dazu, Vorhersagen zu treffen.“
3	Zusammenhang zwischen Physik und Realität	3	0,67	„Ich erkenne einen Zusammenhang zwischen Physikunterricht und täglichem Leben.“
3	Exaktheit von Modellen	3	0,68	„Ein physikalisches Modell ist ein exaktes Abbild der Realität.“

Bei der explorativen Faktorenanalyse der fachlichen Items konnten durch den Scree-Test vier reliable Skalen gefunden werden, die inhaltlich gut interpretierbar sind.

Teil	Skalenbezeichnung	Items	α_C	Kommentar
4	Beschleunigungsdiagramme	4	0,91	Rein kinematische Skala: Es wird von einer gegebenen Geschwindigkeit auf die dazugehörige Beschleunigung geschlossen.
4	1. Newton’sches Gesetz mit Kräftekompensation	4	0,75	Es muss erkannt werden, dass eine konstante Geschwindigkeit voraussetzt, dass die Summe aller Kräfte Null ist.
4	Kraft bei bekannter Bewegung	5	0,74	Die Bewegung eines Objekts ist vorgegeben und es müssen die wirkenden Kräfte und/oder deren Richtung ausgewählt werden.
4	Bewegung bei bekannter Kraft	6	0,70	Die Kräfte sind gegeben oder offensichtlich und es soll auf Basis dessen die Bewegung des Objekts ausgewählt werden.

Es zeigt sich also, dass für Lernende der Mechanik die Argumentationsrichtung eine Rolle spielt. Interessant wird es also sein zu sehen, ob die in der Intervention jeweils verwendete Richtung besser erlernt wird als die gegensätzliche. Die Testergebnisse der Pilotstudie zeigen außerdem, dass die Schüler und Schülerinnen durch die Intervention dazugelernt haben und ihr Verständnis für die Newton’sche Mechanik zunahm.

Zwischenfazit und Ausblick

Ein zur Intervention passendes Testinstrument konnte entwickelt werden, bei dem sich inhaltlich gut interpretierbare Skalen zeigen. Die Testergebnisse legen außerdem nahe, dass die Intervention und die darin enthaltenen Experimente gut zum Lernen von Mechanik geeignet sind und es lohnenswert ist, den Forschungsfragen durch die Hauptuntersuchung nachzugehen. Diese wird im zweiten Halbjahr des Schuljahres 2019/20 erfolgen.

Literatur

Bethge, T. & Schecker, H. (1990). Software-Werkzeuge zur Modellbildung im Physikunterricht, Konzepte und Erfahrungen, Institut für Didaktik der Physik, Bremen, S.48

Flores, S., Kanim, S., Kautz, C. (2004): Student use of vectors in introductory mechanics - In: American Journal of Physics 72. Nr. 4. S. 460 – 468.

Helmke, A. (1992). Determinanten der Schulleistung: Forschungsstand und Forschungsdefizit. In G. Nold (Hrsg.), Lernbedingungen und Lernstrategien. Tübingen: Narr, 23-34.

Hestenes, D., Wells, M., Swackhammer, G. (1992). Force concept inventory. In: The Physics Teacher 30, S. 141-158.

Hestenes, D., Wells, M. (1992). A mechanics baseline test. In: The Physics Teacher 30. S. 159-166.

Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., Weiß, M. (2002) PISA 2000. Dokumentationen der Erhebungsinstrumente. In: Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 72. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. Berlin.

Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., von Rhöneck, C. (2000) Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 6, S. 139-155.

Priemer, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik – eine deutsche Version des Tests „Views About Science Survey“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, JG. 9, S. 160-178.

Sander, F. (2000). Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum, Studien zum Physiklernen, Band 13, Logos-Verlag, Berlin

Sander, F., Schecker, H. & Niedderer, H. (2001). Wirkungen des Einsatzes grafikorientierter Modellbildung im physikalischen Praktikum – In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 7

Schecker, H. (1985). Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte, Dissertation, Uni Bremen.

Schecker, H. (1998). Physik-Modellieren. Grafikorientierte Modellbildungssysteme im Physik-Unterricht., Klett-Verlag, Stuttgart.

Schecker, H., Klieme, E., Niedderer, H., Ebach, J., Gerdes, J. (1999). Physiklernen mit Modellbildungssystemen. Förderung physikalischer Kompetenz und systemischen Denkens durch computergestützte Modellbildungssysteme, Abschlussbericht zum DFG-Projekt, Institut für Didaktik der Physik an der Universität Bremen und Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Berlin.

Schecker, H. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen in der Mechanik. In: Schecker, H., Wilhelm. T., Hopf, M., Duit, R. (Hrsg.). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis, Springer Spektrum, Berlin.

Spatz, V., Hopf, M. Wilhelm, T., Waltner, C. & Wiesner, H. (2018). Eine Einführung in die Mechanik über die zweidimensionale Dynamik – Die Wirksamkeit des Design-Based Research Ansatzes. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 24, Nr. 1, S. 71-82.

Warren, J. (1979). Understanding Force. Übersetzt aus dem Englischen von Backhaus, U. & Schneider, T. (1998). Verständnisprobleme beim Kraftbegriff. Universität Koblenz.

Weber, J. & Wilhelm, T. (2018). Modellbildung und Videoanalyse. In: Plus Lucis, Nr. 4, 2018, S. 18 – 25.

Weber, J. & Wilhelm, T. (2019). Kombination von mathematischer Modellbildung mit Videoanalyse. In: Maurer, C. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, S. 795 – 798, http://www.gdcp.de/images/tb2019/TB2019_795_Weber.pdf

Wilhelm, T, (2005a). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. PhyDid 2/4 (2005) S. 47-56.

Wilhelm, T. (2005b). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Logos-Verlag, Berlin

Wilhelm, T. (2007). Vektorverständnis und vektorielles Kinematikverständnis von Studienanfängern. In: Nordmeier, V., Oberländer, A., Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Regensburg 2007, Lehmanns Media LOB.de, Berlin.

Judith Breuer
Christoph Vogelsang
Peter Reinhold

Universität Paderborn

Der Einfluss von Lehrercharakteristika auf die Nutzung von Unterrichtsmaterialien

Theoretischer Hintergrund

Eine zentrale Aufgabe fachdidaktischer Forschung und Entwicklung stellt die Verbesserung von Lehr-Lern-Prozessen auf der Grundlage von empirischen Forschungsergebnissen dar. Ein möglicher Weg, solche Innovationen zu implementieren, verläuft über die Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien (z.B. Wiesner, Wilhelm, Waltner, Tobias, Rachel & Hopf, 2016; Burde, 2018). Tatsächlich liefern verschiedene Studien Hinweise dafür, dass sich durch den Einsatz empirisch fundierter Unterrichtsmaterialien die Unterrichtsqualität, das professionelle Wissen und die Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften erhöhen lassen (Möller, 2010; Tobias, 2010; Charalambous & Hill, 2012).

Es liegen jedoch bislang nur wenige Erkenntnisse zu ihrer selbstständigen Nutzung durch Lehrkräfte vor. Es konnten zwar verschiedene Einflussfaktoren sowohl auf Seiten der Lehrperson (z.B. Wissen, Überzeugungen etc.) als auch auf Seiten der Unterrichtsmaterialien (z.B. verfolgte Ziele, Gestaltung etc.) sowie Kontextfaktoren (Schulleitung, Bildungspolitik etc.) identifiziert werden (Remillard, 2005). Über die Wirkmechanismen der verschiedenen Faktoren ist hingegen noch wenig bekannt (Davis, Janssen & van Driel, 2016). Daher wird das Cognitive-affective Model of Conceptual Change (Gregoire, 2003) adaptiert, um das Nutzungsverhalten von Lehrkräften differenzierter charakterisieren zu können. Demnach kann die Nutzung in keine, oberflächliche und tiefgreifende Umsetzung eingeteilt werden (Abb. 1). Der jeweilige Grad der Umsetzung ist von verschiedenen Faktoren wie Betroffenheit, Motivation sowie Fähigkeiten und Möglichkeiten abhängig.

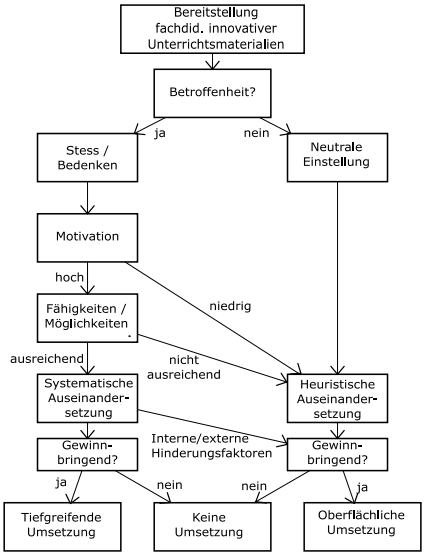


Abb. 1: Rekonstruktion des Nutzungsverhaltens von fachdidaktisch innovativer Unterrichtsmaterialien durch Lehrkräfte (adaptiert nach Gregoire, 2003)

Mit Blick auf den Stand der Forschung kann festgehalten werden, dass sich trotz des eingangs beschriebenen Potentials viele empirisch fundierte Unterrichtsmaterialien nicht nachhaltig in Schulen etablieren (Altrichter & Wiesinger, 2004; Burkhard, 2009; Wilhelm, Tobias & Waltner, 2012). Deshalb wird in der vorliegenden Studie das Nutzungsverhalten von Lehrkräften genauer untersucht, um mehr über die Wirkmechanismen bei der Implementation herauszufinden. Ziel ist es, typische Handlungsmuster abzuleiten – dazu soll überprüft werden, inwieweit sich das adaptierte Modell von Gregoire für eine Rekonstruktion des Nutzungsverhaltens eignet.

Methode

Zur Untersuchung des Nutzungsverhaltens wird exemplarisch das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik ausgewählt, um es den teilnehmenden Lehrkräften als Anregung für ihren Unterricht zu Verfügung zu stellen. Die Besonderheit des Konzeptes ist, dass es typische Schülervorstellungen zur Quantenphysik berücksichtigt und daher vermehrt das konzeptuelle Verständnis fördert, was empirisch bestätigt werden konnte (Müller, 2003).

Das Nutzungsverhalten wird mittels qualitativer Fallanalysen untersucht, um tiefgehende Erkenntnisse generieren zu können (Bortz & Döring, 2016). Dazu werden die teilnehmenden Lehrkräfte während einer Unterrichtsreihe zur Quantenphysik begleitet. Zu Beginn der Unterrichtsreihe wird ein Einstiegsinterview geführt, um das Vorgehen bei der Unterrichtsplanung und die Materialnutzung im Allgemeinen zu erfragen. Darüber hinaus werden zwei Unterrichtsstunden videographiert und in Stimulated Recall-Interviews nachbesprochen, sodass die Implementation des bereitgestellten Unterrichtskonzeptes und Hintergründe zu den Planungsentscheidungen der Lehrkräfte erfasst werden können. In einem abschließenden Interview reflektieren die Lehrkräfte rückblickend die Unterrichtsreihe.

Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse generieren zu können, werden die Studienteilnehmer mittels Theoretical Sampling ausgewählt (Kuckartz, 2018). Es werden bspw. Lehrkräfte aus vier verschiedenen Bundesländern mit unterschiedlichen Werdegängen (Quereinstieg, Lehramtsstudium, Promotion in der Fachdidaktik, Fachleitung, Schulleitung) untersucht. Es wurden bislang sieben Lehrkräfte in ihrer Unterrichtsreihe zu Quantenphysik begleitet, fünf weitere Fälle sollen im Rahmen dieser Studie noch erhoben werden.

Die aufgenommenen Audiodateien werden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet. Eine Beschreibung des Kategoriensystems ist bei Breuer, Vogelsang und Reinhold (2018) nachzulesen.

Erste Ergebnisse

Zunächst lässt sich festhalten, dass unterschiedliche Sichtweisen der teilnehmenden Lehrkräfte auf die bereitgestellten Unterrichtsmaterialien festgestellt werden können. Einige Lehrkräfte suchen explizit nach (neuen) Experimenten, wohingegen andere Lehrkräfte vermehrt nach Instruktionen für die Schüler*innen wie Aufgaben oder Texte suchen. Dementsprechend setzen die Lehrkräfte die Materialien auch sehr unterschiedlich ein. Diese individuellen Unterschiede in der Wahrnehmung und Nutzung von Unterrichtsmaterialien lassen sich auf unterschiedliche Vorstellungen zum Lehren und Lernen wie Aktionismusorientierung (Fischler, 2000) oder „Schüleraktivierung um jeden Preis“ (Brown, 1996) zurückführen (vgl. Davis et al., 2016).

Für eine differenziertere Charakterisierung der einzelnen Fälle wird nun das zuvor vorgestellte, adaptierte Modell von Gregoire (2003) herangezogen, um typische

Handlungsmuster abzuleiten. Zwei der teilnehmenden Lehrkräfte haben keinen expliziten Bedarf an neuen Unterrichtsmaterialien zur Quantenphysik. In einem Fall orientiert sich die betreffende Lehrperson eng am Schulbuch und im anderen Fall greift die Lehrperson auf die eigene Materialsammlung zurück. Daher setzen sich die beiden Lehrkräfte nur oberflächlich auf Grundlage von Heuristiken mit den bereitgestellten Unterrichtsmaterialien auseinander. Ein Lehrer sieht keinen Unterschied in den behandelten Themen und der Themenabfolge zum Schulbuch, sodass er sich dafür entscheidet, weiterhin ausschließlich mit dem Schulbuch zu arbeiten: „Ich würde sagen 50-60% sind schlechter. Ne, schlechter als das Buch. Ich will nicht sagen schlecht, aber schlechter als das Buch“ (Kai S., Int. 2, 105).

Der zweite Lehrer findet keine für ihn neuen Experimente zur Quantenphysik in den Unterrichtsmaterialien, sodass er sich nicht weiter mit dem Konzept auseinandersetzt. Beide Lehrkräfte erkennen nicht die Berücksichtigung von Schülervorstellungen, die Bedeutung der Begriffsbildung und Interpretationsfragen oder die Schülerorientierung.

Die weiteren fünf Lehrkräfte aus der Stichprobe haben hingegen einen Bedarf an neuen Unterrichtsmaterialien für die Quantenphysik, weil sie entweder unzufrieden mit dem Schulbuch sind, noch kein „Universalrezept“ zum Unterrichten von Quantenphysik gefunden haben oder sich neue Impulse für den Unterricht erhoffen. Das führt allerdings zu Stress bzw. Bedenken bei den Betroffenen, wie sie das bereitgestellte Unterrichtskonzept mit ihrem gewohnten Vorgehen oder den Vorgaben durch den (schulinternen) Lehrplan vereinbaren können: „Ja und so Präparation, das ist mir noch ein bisschen suspekt ehrlich gesagt. Weil mit dem ist, das steht ja auch hier drin, dass man mit dem Begriff eigentlich gar nicht so arbeitet“ (Miriam K., Int. 1, 142).

Dennoch sind alle fünf Lehrkräfte motiviert, sich mit dem Unterrichtskonzept auseinanderzusetzen. Allerdings fehlt den Lehrkräften die Möglichkeit (Zeit) oder die Fähigkeit (möglicherweise fachdidaktisches Hintergrundwissen), sich systematisch mit den Unterrichtsmaterialien auseinanderzusetzen. Stattdessen wird bei den fünf Lehrkräften eine heuristische Auseinandersetzung beobachtet: „Die Auswahl erfolgte nicht so sehr nach Schülerkriterien, sondern was gefällt mir besser? Ja, also womit komme ich besser klar“ (Fabian K., Int. 2, 60).

Einige Lehrkräfte erkennen zwar den schülerorientierten Charakter des Unterrichtskonzepts, aber keiner der fünf Lehrkräfte thematisiert die Berücksichtigung von Schülervorstellungen oder die Bedeutung der Begriffsbildung. Infolgedessen setzen die Lehrkräfte die Unterrichtsmaterialien nur oberflächlich um, indem sie einzelne Elemente auf Sichtstrukturebene, jedoch nicht das zugrundeliegende Konzept übernehmen.

Das adaptierte Modell von Gregoire (2003) scheint folglich eine gute Möglichkeit darzustellen, das Nutzungsverhalten von Lehrkräften nachzuvollziehen und zu typischen Handlungsmustern zusammenzufassen.

Diskussion

Vor dem Hintergrund der gewonnenen Erkenntnisse ist es bezeichnend, dass sich keine der teilnehmenden Lehrkräfte systematisch, sondern primär auf subjektiven Vorstellungen basierend mit den Unterrichtsmaterialien auseinandersetzt. Offenkundig kann so das didaktische und weiterbildende Potential der Unterrichtsmaterialien nicht ausgeschöpft werden. Daher sollen im Projekt durch eine umfangreichere Analyse der Daten, der Hinzunahme weiterer Fälle und einer Materialanalyse mögliche Faktoren zur Verbesserung des Transfers fachdidaktischer Innovation in die Schulpraxis identifiziert werden.

Literatur

Altrichter, H., & Wiesinger, S. (2004). Der Beitrag der Innovationsforschung im Bildungssystem zum Implementierungsproblem. In G. Reinmann, H. Mandl (Hsrg.), Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden. Göttingen: Hogrefe, 220 – 233.

Arias, A., Smith, S., Davis, E., Marino, J.-C., & Palincsar, A. (2017). Justifying Prediction: Connecting Use of Educative Curriculum Materials to Students' Engagement in Science Argumentation. Journal of Science Teacher Education, 28 (1), 11-35.

Bortz, J., & Döring, N. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin, Heidelberg: Springer.

Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2018): Implementation fachdidaktischer Innovation am Beispiel des Münchener Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg 2018, 133-139.

Brown, D. (1996): A Longitudinal Study of Novice Secondary Teachers‘ Planning: Year Two. In: Teaching & Teacher Education 12(5), 519-530.

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen. Berlin: Logos.

Burkhard, U. (2009). Quantenphysik in der Schule. Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterbildungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers. Berlin: Logos.

Charalambous, C., & Hill, H. (2012). Teacher Knowledge, Curriculum Materials, and Quality of Instruction: Unpacking a Complex Relationship. Journal of Curriculum Studies, 44 (4), 443-466.

Cuban, L. (2013). Why so Many Structural Changes in Schools and so Little Reform in Teaching Practice? Journal of Education, 51 (2), 109-125.

Davis, E., Janssen, F., & van Driel, J. (2016). Teachers and Science Curriculum Materials: Where We Are and Where We Need to Go. Studies in Science Education, 52 (2), 127-160.

Fischler, H. (2000). Über den Einfluß von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. ZfDN, 6, 79-95.

Gregoire, M. (2003). Is It a Challenge or a Threat? A Dual-Process Model of Teachers' Cognition and Appraisal Processes During Conceptual Change. Educational Psychology Review, 15(2), 147-179.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz.

Möller, K. (2010): Lehrmittel als Tools für die Hand der Lehrkräfte. Ein Mittel zur Unterrichtsentwicklung? In Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 28(1), 97-108.

Müller, R. (2003): Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos.

Remillard, J. (2005). Examining Key Concepts in Research on Teachers' Use of Mathematics Curricula. Review of Educational Research, 75 (2), 211-246.

Tobias, V. (2010). Newton’sche Mechanik im Anfangsunterricht. Berlin: Logos.

Wiesner, H., Wilhelm, T., Waltner, C., Tobias, V., Rachel, A., & Hopf, M. (2016): Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Neuer fachdidaktischer Zugang zur Mechanik. Hallbergmoos: Aulis-Verlag.

Wilhelm, T., Tobias, V., & Waltner, C. (2012): Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In: Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Beiträge zur GDCP-Jahrestagung. Berlin: LIT-Verlag, 31-47.

Daniel Gysin[1]
Dorothee Brovelli[1]
Markus Rehm[2]

[1]Pädagogische Hochschule Luzern
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Kontextmerkmale und Wissenselemente beim Transfer in der Physik

Ausgangslage

Der Transfer von im Physikunterricht erlernten Wissen auf eine neue Situation kann Lernenden schwerfallen und findet, nach klassischer Definition des Transferbegriffs, deshalb nur selten statt (Barnett & Ceci, 2002). In der Literatur werden diverse Faktoren beschrieben, die einen (Lern-)Transfer begünstigen oder hindern können (u.a. Schmid, 2006). Seltener wird hingegen der eigentliche Prozess beim Transferieren von physikalischen Konzepten untersucht. Die hier vorgestellte Studie soll einen Beitrag in diese Richtung leisten, indem ein Framework zur Beschreibung und Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des physikalischen Energiekonzepts mithilfe von qualitativen Daten aus „Think Aloud"-Interviews entwickelt wird.

Theoretischer Hintergrund

Die Konstrukte *Transfer* oder *Lerntransfer* sind in der Literatur in einer Vielzahl von theoretischen Ansätzen beschrieben (Haskell, 2001). Transfer kann im klassischen Sinne als Anwendung von bereits erlerntem Wissen in einer neuen Situation betrachtet werden (Bransford et al., 2000). Diese Definition geht ursprünglich auf das *Identical Elements Model* zurück (Thorndike & Woodworth, 1901). Nicht selten spielt bei dieser Sichtweise die Weite des Transfers eine entscheidende Rolle. Dabei sind Kontextmerkmale der Anwendungssituation entscheidend, die einen Hinweis auf das zu verwendende Wissen geben oder selbst Teil der fachlichen Tiefenstruktur sein können. Expert*innen in einem Fachgebiet sind in der Lage, solche Merkmale zu erfassen und einzuordnen und können deshalb ihr Wissen besser transferieren (Day & Goldstone, 2012). Der eben beschriebene Ansatz gleicht im Kern dem *Analogie-Transfer* (Gick & Holyoak, 1983), der die Erkennung von Analogien in der Tiefenstruktur der Lern- und Transfersituation hervorhebt. Die Forschung zum klassischen Transfer wird jedoch in neueren Arbeiten, unter anderem aus der Fachdidaktik der Physik, kritisiert. So plädieren beispielsweise Lobato (2012) und Royer, Mestre und Dufresne (2005) für eine modernere Sicht auf den Transferbegriff. Sie fordern, dass kognitive Prozesse der transferierenden Personen wie auch die nicht lösungsrelevanten, aber dennoch vom Individuum als bedeutsam erachteten Merkmale des Kontexts, in der Forschung stärker beachtet werden sollen. Die Autor*innen gehen davon aus, dass in jeder Anwendungssituation das Wissen individuell und in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext neu konstruiert wird. Lobatos *Akteurorientierter Transfer* ist demnach auch als individuelle Konstruktion von Similarität zwischen zwei Situationen definiert (Lobato, 2003) und stellt die Akteurin oder den Akteur ins Zentrum des Forschungsinteresses. Auch DiSessa & Wagner (2005) fordern einen vertieften Blick auf die Prozesse beim Transfer und verknüpfen Erkenntnisse aus der *Conceptual Change* Forschung mit der Forderung nach einem stärker auf die transferierende Person fokussierten Transferansatz. Ihre *Coordination Class Theory* beinhaltet ein Modell, das die individuellen *Wissenselemente* („knowledge pieces"), die Merkmale des Kontexts der Transfersituation sowie den Prozess, der bei der Verknüpfung und Projektion der Wissenselemente auf eine Kontextsituation („Alignment") stattfindet, berücksichtigt. Eine *Coordination Class* ist ein aus verbundenen Wissenselementen bestehendes Konzept, das je nach Anwendungssituation unterschiedlich konstruiert, sprich zusammengesetzt wird. Die Konstruktion einer *Coordination Class* ist stark vom jeweiligen Kontext abhängig. Um die relevanten von weniger relevanten Merkmalen eines Kontexts unterscheiden zu können,

braucht ein*e Akteur*in Strategien („readout strategies“), die ebenfalls Teil der *Coordination Class* sind (diSessa & Wagner, 2005). Löffler (2016) differenziert im Rahmen seines Kontextmodells die erwähnten Merkmale eines Aufgabenkontexts aus. Einerseits werden Oberflächen- von Tiefenstrukturmerkmalen unterschieden, wobei erstere die im Aufgabentext oder in dazugehörenden Abbildungen direkt sicht- und interpretierbaren Elemente darstellen. Die Tiefenstruktur umfasst dagegen alle fachinhaltlich relevanten Merkmale, die dem Transferproblem zugrunde liegen. Weiter lassen sich Merkmale, die Teil der Lösung sind, von Merkmalen, die für die Lösung der Aufgabe irrelevant sind, unterscheiden (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018). Beide Arten von Merkmalen können zudem Teil eines wissenschaftlichen Modells oder gerade nicht auf dieses bezogen sein. Die hier vorgestellte Studie hat zum Ziel, Transferprozesse bei der Anwendung des Energiekonzepts zu beschreiben (vgl. oben). Deshalb soll nun zum Abschluss dieser theoretischen Betrachtung auf die Entwicklung des Energiekonzepts bei Lernenden eingegangen werden. Nebst der Forschung zu typischen Präkonzepten zum Energiebegriff (vgl. u.a. Watts, 1983) beschreiben Neumann, Viering, Boone und Fischer (2013) verschiedene Entwicklungsstufen des Energiekonzepts. Letztere unterscheiden sich nicht nur inhaltlich, sondern auch in ihrer Komplexität: Die geringste Komplexität weist die Kenntnis über Energieformen und -quellen auf. Hierzu reicht fragmentiertes Wissen in Form von einzelnen Wissenselementen (Neumann et al., 2013). Einfache respektive komplexere Verknüpfungen von Wissenselementen setzen die nächsten Stufen des Energiekonzepts voraus: Das Verständnis der Energieumwandlung und -übertragung wie auch der Energiedegradation (Dissipation) verlangt die Verbindung von einzelnen Wissenselementen zu Zusammenhängen. Am komplexesten ist die Energieerhaltung anzusehen, da hier verflochtene, schwieriger zu verstehende Verbindungen zwischen Wissenselementen ein ganzes Konzept abbilden.

Fragestellung und Ziele der Studie

Aus den oben dargestellten theoretischen Überlegungen zur Transfertheorie und der Entwicklung des Energiekonzepts ergibt sich folgende Fragestellung: *Welche Strategien und welche Vorgehensweisen werden von Lernenden während einer Transfersituation in der Physik (im Themenbereich Energie) angewandt und wie ist dieser Transferprozess strukturiert?* Angelehnt an diese Fragestellung soll ein Framework entwickelt werden, mit dem der Prozess beim Transfer in der Physik strukturiert und beschrieben werden kann.

Methode

Um kognitive Prozesse von Proband*innen beim Transferieren des Energiekonzepts auf einen neuen Kontext soweit möglich erfassen und beschreiben zu können, wurde eine qualitative Studie mit strukturierten „Think Aloud“-Interviews (Konrad, 2010) mit 16 Schüler*innen der Sekundarstufe I & II und vier Studierenden einer Pädagogischen Hochschule durchgeführt. Den Ausgangspunkt für die „Think Aloud“-Interviews bildete eine Transferaufgabe mit bezüglich des Lösungswegs offen gestellten Fragen zu den oben beschriebenen Entwicklungsstufen des Energiekonzepts. Als Kontext der Aufgabe wurde ein lokal bekannter Kletter- und Seilpark gewählt. Das Aufgabensetting enthielt einen gezeichneten Übersichtsplan des Freizeitparks. Die transkribierten Interviews wurden von drei Codierer*innen mittels einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) mit der Software MAXQDA ausgewertet.

Ergebnisse

Für die Codierung der Interviews wurden in einem ersten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse drei Hauptkategorien (*Kontextmerkmale beschreiben und analysieren*, *Wissenselemente nennen und vernetzen*, *Alignment*) deduktiv aus der Literatur zur *Coordination Class Theory* (diSessa & Wagner, 2005) bestimmt. Der zweite Schritt der

Inhaltsanalyse beinhaltete ein sich abwechselnd induktives und deduktives Vorgehen bei der Bildung von weiteren (Sub-)Kategorien. So konnte induktiv aus den Interviewdaten eine vierte Hauptkategorie zu den während des Transferprozesses genutzten metakognitiven Strategien (z.B. *Bezüge zu eigenen außerschulischen Erfahrungen herstellen*) hergeleitet werden. Die Subkategorien der drei ursprünglichen Hauptkategorien basieren auf Literatur-Quellen (vgl. oben), beispielsweise auf theoretischen Überlegungen zur Komplexität der Entwicklungsstufen des Energiekonzepts (hier betreffend Hauptkategorie *Wissenselemente nennen und vernetzen*) und wurden unter der Berücksichtigung der Interviewdaten entsprechend angepasst oder ergänzend dazu induktiv hergeleitet. Aus dem Kategoriensystem der Inhaltsanalyse wurde schließlich ein Framework zur Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des physikalischen Energiekonzepts abgeleitet (vgl. Abb. 1).

1: Kontextmerkmale beschreiben und analysieren	2: Wissenselemente nennen und vernetzen	3a: Inhaltliches Alignment	3b: Metakognitives Alignment
1a: Fachinhaltsbezogene Kontextelemente beschreiben	2a: Fachinhaltsferne (naive) Wissenselemente nennen	3a1: Koordination eines oder mehreren fif WE & fib KM	3b1: Vermutungen oder Fragen formulieren
1b: Fachinhaltsferne Kontextelemente beschreiben	2b: Fakten oder Begriffe nennen oder beschreiben	3a2 Koordination eines oder mehreren fif WE & fif KM	3b2: Subjektperspektive einnehmen
1c: Fachinhaltsferne und -bezogene Kontextelemente	2c: Zusammenhang oder Konzept nennen oder beschreiben	3a3: Koordination von Fakten/Begriffen & fib KM	3b3: Bezüge zu eigenen Erfahrungen herstellen
	2d: Physikalische Formel nennen oder erklären	3a4: Koordination von Fakten/Begriffen & fif KM	3b4: Schlüsse ziehen
		3a5: Koordination eines Zusammenhangs/Konzepts & fib KM	3b5: Anwendung eines p-prims oder Präkonzepts
Legende: *KM: Kontextmerkmal* *WE: Wissenselement* *fib: fachinhaltsbezogen* *fif: fachinhaltsfern*		3a6: Koordination eines Zusammenhangs/Konzepts & fif KM	
		3a7: Koordination einer Formel & fib KM	
		3a8: Koordination einer Formel & fif KM	

Abb. 1: Framework zur Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des Energiekonzepts

Die Analyse der Interviews mithilfe des entwickelten Frameworks zeigt, dass sich der Transferprozess je nach Proband*in unterscheidet und bei allen analysierten Transkripten unstrukturiert abläuft. Dies ist in der größtenteils unsystematischen Abfolge wie auch in der unterschiedlichen Häufigkeit der codierten (Sub-)Kategorien ersichtlich. Nur wenige Proband*innen beschrieben Kontextmerkmale losgelöst zu ihren Wissenselementen zum Thema Energie (Hauptkategorie 1 im Framework), hingegen wurden die mehr oder weniger verknüpften Wissenselemente zum Thema Energie von nahezu allen Schüler*innen und Studierenden im Transferprozess auch ohne Bezug zu Kontextmerkmalen erläutert, wenn auch in unterschiedlicher Komplexität (Hauptkategorie 2). Letzteres zeigte sich beispielsweise in Ausführungen über Formeln zur Berechnung der Bewegungsenergie, ohne dass an dieser Stelle auf eine Bewegung eingegangen wurde, die in der Kontextsituation ersichtlich gewesen wäre.

Diskussion und Ausblick

Das Framework berücksichtigt mit den vier Hauptkategorien die individuellen Unterschiede beim Transfer des physikalischen Energiekonzepts, unter anderem in Bezug auf den Umgang mit auch für die Lösung irrelevanten Kontextmerkmalen und entspricht so den Forderungen von Lobato (2012) an einen mehr auf die Akteur*innen bezogenen Ansatz zur Beschreibung des Transfers. In einer an die hier ausgeführte Studie anknüpfende, quantitativ ausgerichteten Studie soll nun das Framework weiter erforscht und gegebenenfalls angepasst oder ergänzt werden.

Literatur

Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. Psychological bulletin, 128 (4), 612–637.

Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School. Washington, D. C.: National Academy Press.

Day, S. B. & Goldstone, R. L. (2012). The Import of Knowledge Export. Connecting Findings and Theories of Transfer of Learning. Educational Psychologist, 47 (3), 153–176.

DiSessa, A. & Wagner, J. (2005). What Coordination Has to Say about Transfer. Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective. JP Mestre. Greenwich, CT.

Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. Cognitive Psychology, 15, 1–38.

Haskell, R. E. (2001). Transfer of Learning. Cognition, Instruction, and Reasoning. San Diego, London: Academic Press.

Lobato, J. (2003). How Design Experiments Can Inform a Rethinking of Transfer and Vice Versa. Educational Researcher, 32 (1), S. 17–20.

Lobato, J. (2012). The Actor-Oriented Transfer Perspective and Its Contributions to Educational Research and Practice. Educational Psychologist, 47 (3), S. 232–247.

Löffler, P. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben - wie wirkt Kontext? Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. International Journal of Science Education, 40 (16), 1935-1956.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. J. Res. Sci. Teach., 50 (2), 162–188.

Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: Günter Mey und Katja Mruck (Eds.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. 1. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag, 476–490.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).

Royer, J. M., Mestre, J. P. & Dufresne, R. J. (2005). Framing The Transfer Problem. Introduction. In: Jose P. Mestre (Eds.), Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective. Greenwich: Information Age Publishing, vii–xxvi.

Schmid, C. (2006). Lernen und Transfer: Kritik der didaktischen Steuerung. Bern: hep-Verlag.

Thorndike, E. L. & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions: II. The estimation of magnitudes. Psychological Review, 8, 384–395

Watts, M. (1983). Some Alternative Views of Energy. Phys. Educ., 18, 213–217.

Wiebke Kuske-Janßen TU Dresden
Gesche Pospiech

LehrerInnen interpretieren Formeln sprachlich: Rechnungen und mathematische Zusammenhänge als Teil sprachlichen Umgangs mit Formeln

Formeln sind ein wichtiges Element der Physik und des Physikunterrichts. Gleichzeitig stellen sie für Menschen ohne oder mit nur geringen mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten eine große Verstehenshürde dar. Gingras (2001) spricht in diesem Zusammenhang aus historischer Perspektive von der „Entdemokratisierung" der Physik durch die Mathematisierung. Dieses Problem spiegelt sich auch in einem Zitat von Faraday wider: „When a mathematician engaged in investigating physical actions and results has arrived at his conclusion, may they be not expressed in common language as fully, clearly, and definitely as in mathematical formulae?" (zit. n. Gringas, 2001) Somit erscheint die Frage nach dem Verhältnis von Formeln und verbaler Sprache insbesondere für das Lernen von Physik interessant. Der Umgang von LehrerInnen mit diesen Darstellungsformen ist das Forschungsinteresse des hier dargestellten Dissertationsprojektes.

Formelverständnis in der physikdidaktischen Forschung

Formeln sind eine physikalische fachspezifische Darstellungsform von besonderer Bedeutung. Daher sollten SchülerInnen als Teil physikalischer Kommunikationskompetenz lernen, Formeln zu verstehen und zu benutzen (z. B. Krey & Schwanewedel, 2018; Airey & Linder, 2009). Hierzu gehört auch ein Lernen *über* die Darstellungsform Formel (Ainsworth, 2008) im Sinne einer „metarepresentational competence" (diSessa, 2004). Auch für eine Stärkung der strukturellen Rolle der Mathematik (Pietrocola, 2008) ist es neben den technischen Rechenfähigkeiten wichtig, Formeln als inhaltstragende Zeichenketten zu verstehen, die in der Physik eine spezifische Bedeutung haben. Ein solches Formelverständnis geht über ein reines „Plug-and-Chug"-Verfahren (Tuminaro & Redish, 2007), bei dem Größen in Formeln eingesetzt werden, um eine unbekannte Größe zu berechnen, hinaus. In verschiedenen Untersuchungen zeigt sich jedoch, dass SchülerInnen oft daran scheitern, die Aussage einer Formel mit eigenen Worten wiederzugeben (Bagno, Eylon & Berger, 2009; Strahl, Schleusner, Mohr & Müller, 2010; Pospiech & Oese, 2013). Diese Ergebnisse überraschen wenig, wenn man sich die Komplexität von Formelbedeutungen, ihre hohe „semantische Dichte" (Hoffmann, 1987) bewusst macht: Physikalische und mathematische Symbole tragen für sich Bedeutungen und die mathematischen Operatoren einer Formel tragen eine eigene physikalisch interpretierbare Bedeutung („symbolic forms", Sherin, 2001). Die Bedeutung einer Formel als Ganzes beinhaltet auch Verknüpfungen mit anderen Darstellungsformen, Anwendungsbereiche und die Einbettung in physikalische Theorien. Diese komplexe Bedeutung kann mit Hilfe semantischer Netzwerke entschlüsselt und vermittelt werden (Redish & Kuo, 2015; Janßen & Pospiech 2016a). Außerdem haben Formeln innerhalb der Physik eine spezifische Rolle und erkenntnistheoretisch durchaus unterschiedliche Aussagearten wie Prinzipien, Definitionen, empirische Regularitäten oder Ableitungen (Karam & Krey, 2015).

Forschungsdesign

Der Theoriestand zeigt, dass inhaltliche und strukturelle Aspekte von Formeln für ein physikalisches Fachverständnis und die fachspezifische Repräsentationskompetenz relevant sind, SchülerInnen aber Schwierigkeiten mit diesen haben. Dies führt zu der Frage, wie LehrerInnen im Unterricht Formeln mit Inhalten verknüpfen. Um diese Frage beantworten

zu können, wurde ein Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln entwickelt, das verbale Aussagen zu Formeln beschreibt und klassifiziert (s. Abb. 1, vgl. auch Janßen & Pospiech, 2016b; Geyer & Kuske-Janßen, 2019).

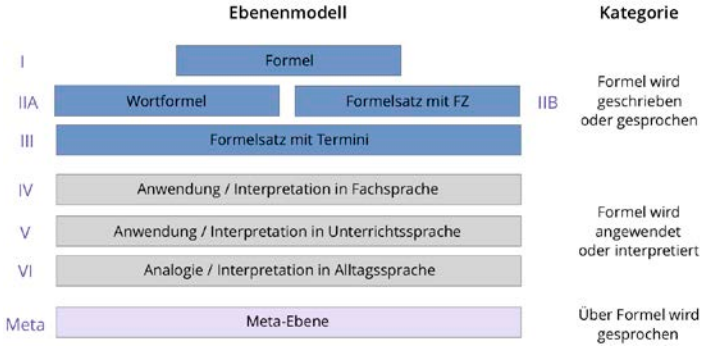


Abb. 1: Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln und zugeordnete induktiv gebildete Kategorien

Es soll untersucht werden, in welcher Form und wie oft LehrerInnen Formeln im Physikunterricht verbalisieren. Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurden je 5 – 11 Schulstunden Unterricht von 10 LehrerInnen zum Thema elektrischer Widerstand (Formeln[1]: $\sim U, R = \frac{U}{I}, R = \rho \cdot \frac{l}{A}$) in der Klassenstufe 8 hospitiert und die Lehrersprache aufgezeichnet. Relevante Unterrichtspassagen wurden transkribiert (79h hospitierte, 33h transkribierte Unterrichtszeit) und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet. Das Ebenenmodell wird zur weiteren Analyse der Kategorien genutzt.

Wie sprechen LehrerInnen über Formeln?

Die induktive Kategorienbildung führte zu drei Oberkategorien, die parallel zum Ebenenmodell zu verstehen sind (s. Abb. 1): *Formel wird gesprochen*, *Formel wird angewendet oder interpretiert* und *Über Formel wird gesprochen*. Abb. 3 zeigt die induktiv gefundenen Unterkategorien von *Formel wird angewendet oder interpretiert*, von denen *Rechnung* und *Zusammenhang zwischen Größen* hier näher beschrieben werden sollen.

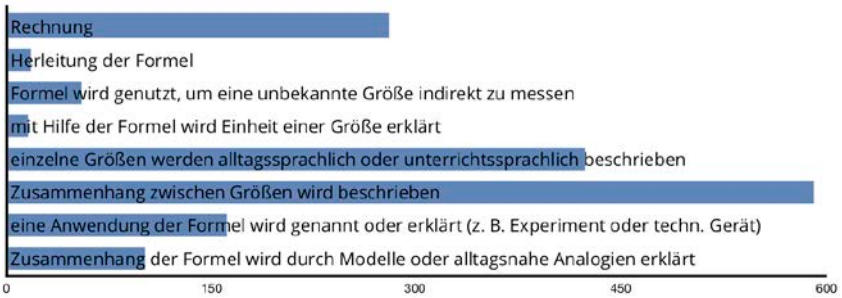


Abb. 2: Unterkategorien zu „Formel wird angewendet oder interpretiert" mit absoluten Codinghäufigkeiten

Rechnung und *Zusammenhang zwischen Größen* sind die Kategorien mit der größten inhaltlichen Breite. Bei 6 der 10 LehrerInnen weisen sie die meisten Codierungen auf. Die Kategorie *Rechnung* (Codierungen $N_{Rechnung}$=281) machte bei den einzelnen LehrerInnen minimal 6% bis maximal 23% der gesamten Codierungen (N_{ges}=2491), bzw. minimal 8% und maximal 35% der Codierungen in der Kategorie *Formel wird angewendet oder*

1 In dieser Erhebung werden alle algebraischen Ausdrücke als Formeln bezeichnet.

interpretiert ($N_{angewendet}$=1652) aus. Damit nimmt das Rechnen beim Sprechen über Formeln einen hohen Stellenwert ein. Innerhalb der Kategorie *Rechnung* wurden verschiedene Unterkategorien identifiziert (s. Abb. 3). Fast alle Unterkategorien wurden von allen 10 LehrerInnen genutzt. Ausnahme ist das Umstellen von Formeln, das bei 3 LehrerInnen nicht vorkam. Ein Lehrer nutzte außerdem keine Anwendungsaufgaben. Es zeigte sich, dass besonders oft Rechnungen ohne Kontext, d. h. klassische gegeben-gesucht-Antwort-Aufgaben ohne kontextuelle Einbettung, vorkamen (s. Abb. 3, Beispiel in Zitat (1)). Diese Unterkategorie stellt bei 7 von 10 LehrerInnen die häufigste Unterkategorie dar. Bei Anwendungsaufgaben wurden Kontexte unterschiedlich stark auserzählt (Zitat (2) zeigt eine lebhafte Erzählung). In der Erhebung konnten zwei Gruppen von LehrerInnen ausgemacht werden: 3 LehrerInnen, bei denen v. a. eine Unterkategorie von Rechnung vorkam (Beispiel Herr Funke in Abb. 3: v. a. Rechnungen mit experimentellen Werten) und solche, bei denen die Unterkategorien ausgewogener auftraten (Beispiel Herr Lenz in Abb. 3; dieser und alle folgenden Namen wurden aus Datenschutzgründen geändert).

(1) Herr Funke: „Wir haben eine Spannung von zwei Volt und eine Stromstärke von ein Ampere. Gleichung haben wir rechts aufgeschrieben. (5 s) Wir würden einfach die zwei Volt durch ein Ampere teilen und kämen auf WAS für einen Widerstand?"

(2) Herr Jasper: „Irgendwas wurde neu gebaut. [...] Und bei der Eröffnung stellt man fest, [...]Mist. Stromkabel geht nicht. [...] Die könnten jetzt sagen: Wir fangen hier vorne an zu graben und [macht Geräusch von Bohrhammer nach] buddeln flink [...] und gucken, wo das Kabel kaputt ist. Da hat natürlich der Straßenbauer was dagegen [...] Das muss auch anders gehen. Und wie kann man jetzt mit Hilfe des Widerstandsgesetzes versuchen, die Stelle etwas zu LOKALISIEREN?"

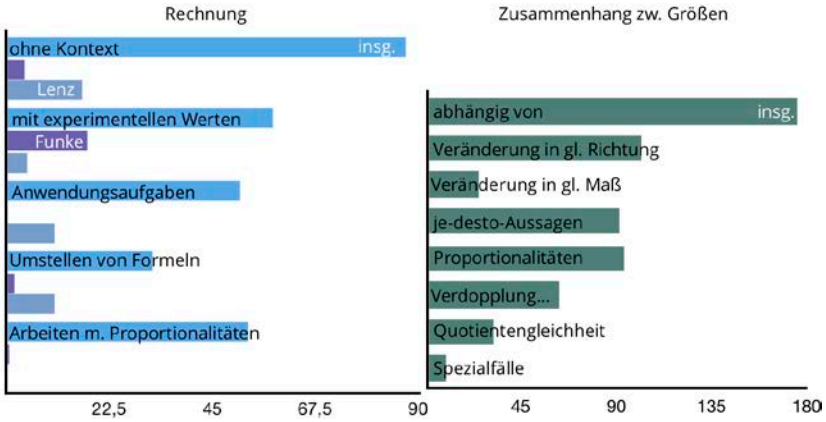


Abb. 3: Unterkategorien zu Rechnung und Zusammenhang zwischen Größen mit absoluten Coding-Häufigkeiten (insgesamt für alle LehrerInnen / für Herrn Funke und Herrn Lenz)

Der Zusammenhang von in der Formel vorkommenden Größen wurde insbesondere mit unterschiedlichem Maß an Quantifizierung beschrieben. Abb. 3 zeigt die gefundenen Unterkategorien mit von oben nach unten zunehmender Quantifizierung.

Zusammenfassung

Die hier dargestellten Ergebnisse stellen nur einen kleinen Ausschnitt des Kategoriensystems dar, das insgesamt eine sehr große Variationsbreite beim Sprechen über Formeln aufzeigt. Die hier dargestellten Kategorien können als typische Kategorien mit mathematischem Schwerpunkt interpretiert werden. Weitere Analysen sollen beispielsweise die eher technische oder strukturelle Verwendung von Formeln und die Positionierung unterschiedlicher Kategorien im Unterrichtsverlauf untersuchen.

Literatur

Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple- Representations when Learning Complex Scientific Concepts. In: Gilbert, J. K. et al. (eds.), Visualization: Theory and Practice in Science education, 191-208

Airey, J. & Linder, C. (2009). A Disciplinary Discourse Perspective on University Science Learning: Achieving Fluency in a Critical Constellation of Modes. In: Journal of Research in Science Teaching, 46(1), 27-49.

Bagno, E., Eylon, B. & Berger, H. (2009): How to promote the Learning of Physics from Formulae? In: GIREP-EPEC & PHEC, 77-83

diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction. In: Cognition and Instruction, 22(3), 293-331.

Faraday to Maxwell, 25 March 1857; P. M. Harman (ed.), The scientific letters and papers of James Clerk Maxwell (Cambridge, 1990), 548, zit. n. Gingras (2001).

Geyer, M.-A. & Kuske-Janßen, W. (2019). Mathematical Representations in Physics Education. In: Pospiech, G., Michelini, M. & Eylon, B. (Eds.): Mathematics in Physics Education. Cham: Springer Nature, 75-102

Gingras, Y. (2001). What did Mathematics do to Physics? In: History of Science, 39(4), 383-416

Hoffmann, L. (1987): Kommunikationsmittel Fachsprache. Eine Einführung. 3., durchgesehene Auflage. Berlin: Akademie-Verlag (=Sammlung Akademie-Verlag Bd.44. Sprache)

Janßen, W. & Pospiech, G. (2016a). Formeln physikalisch interpretieren und verstehen. Methoden und Anregungen für den Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 153/154(27), 51-55

Janßen, W. & Pospiech, G. (2016b). Lehrer sprechen in und über Formeln. In: Maurer, C. (Ed.): Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. 593-595

Karam, R. & Krey, O. (2015). Quod erat demonstrandum: Understanding and Explaining Equations in Physics Teacher Education. In Science & Education 24(5-6), 661-698

Krey, O. & Schwanewedel, J. (2018). Lernen mit externen Repräsentationen. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker H. (Eds.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 159-175

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse, Methoden, Praxis, Computerunterstüt- zung. 3., überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Pietrocola, M. (2008). Mathematics as Structural Language of Physical Thoughts. In: Conncecting Research in Physics Education with Teacher Education. International Commission on Physics Education (2)

Pospiech, G. & Oese, E. (2013). The Use of Mathematical Elements in Physics – View of Grade 8 Pupils. In: ICPE-EPEC Proceedings, 199-205

Redish, E. F. & Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. In: Science & Education 24(5-6), 561–590

Sherin, B. L. (2001). How Students Understand Physics Equations. In: Cognition and instruction. 19(4), 479-541

Strahl, A., Schleusner, U., Mohr, M. & Müller, R. (2010). Wie Schüler Formeln gliedern - eine explorative Studie. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 9(1), 18-24

Tuminaro, J. & Redish, E. F. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. In: Physical Review Special Topics - Physics Education Research 3(2), 1-22

Kai Bliesmer Universität Oldenburg
Michael Komorek

Physikalische Dynamik an der Küste didaktisch rekonstruieren

Beim Weltnaturerbe Wattenmeer handelt es sich um eine Küstenregion, die eine sehr hohe touristische Anziehungskraft ausstrahlt und gleichzeitig mit umfangreichen Bildungsprogrammen aufwartet. Damit verfügt die Region über ein beachtliches Bildungspotenzial, das es aus physikdidaktischer Sicht umfassend auszuschöpfen gilt. In diesem Sinne wird im vorliegenden Projekt eine Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) des Themengebiets *Physikalische Dynamik an der Küste* durchgeführt. Ziel ist die Entwicklung von Leitlinien, die den Bildungseinrichtungen (insbesondere den Nationalparkhäusern) am Wattenmeer dabei helfen, die physikalische Dynamik an der Küste mit ihren Besuchenden zu thematisieren. Das Dissertationsprojekt wird durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt DBU finanziert und ist im Promotionsprogramm GINT (https://uol.de/gint/) angesiedelt.

Vorstudien

Um mehr über Bildungsangebote im Kontext Wattenmeer in Erfahrung zu bringen, wurden teilstandardisierte, leitfadengestützte Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) mit den Leitenden von Bildungseinrichtungen an der Küste geführt (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Es wurde deutlich, dass es sich bei den Bildungsangeboten meist um Ausstellungen handelt und um Wattwanderungen, die von den dortigen Mitarbeitenden durchgeführt werden. In beiden Fällen wird auf Biologie im Watt fokussiert. Physikalische Phänomene, Erklärungen und Modelle kommen nur selten vor. Ferner zeigen die Interviews, dass fachdidaktische Unterstützung bei der Konzeption neuer Bildungsformate nur im Ausnahmefall erfolgt. In der Regel werden die Formate von den Leitenden selbst erstellt; in Bezug auf die Ausstellungen zusätzlich in Zusammenarbeit mit Austellungsagenturen und Werkstätten.

Theoretisches Rahmenmodell

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion fungiert als theoretischer Rahmen des vorliegenden Dissertationsprojekts. Im Folgenden ist es als Aufgabenfeld gedacht dargestellt.

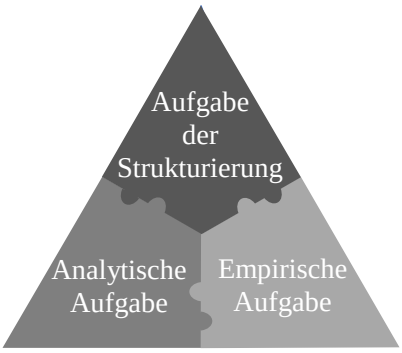


Abb. 1 Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) als Aufgabenfeld gedacht

Die *analytische Aufgabe* meint eine Elementarisierung (Bleichroth, 1991) der fachlichen Sachstruktur des Themengebiets mit dem Ziel, zunächst die physikalischen Grundideen und Grundprinzipien herauszupräparieren, die das Themengebiet im Kern kennzeichnen. Die *empirische Aufgabe* fokussiert auf die Lernenden: Es ist aufzuklären, welche Sicht sie in Lehr-Lern-Situationen auf die physikalische Dynamik an der Küste einbringen und welche fachbezogenen Konzepte sie nutzen. Im Zuge der *Aufgabe der Strukturierung* werden die analytischen und die empirischen Ergebnisse aufeinander bezogen. Dazu wird geprüft, inwieweit fachliche Sicht und Lernendensicht übereinstimmen oder voneinander abweichen. Auf der Grundlage dieses wechselseitigen Vergleichs werden Leitlinien für didaktische Strukturierungen geschaffen, die den Anspruch haben, Brücken zwischen der fachlichen Sicht und der Lernendensicht herzustellen.

Analytische Aufgabe
Mittels Dokumentenanalyse von Fachliteratur aus der Geografie (z. B. Grotzinger & Jordan, 2017) und Geophysik (z. B. Clauser, 2016) wurde herausgearbeitet, dass es sich beim phänomenologischen Ausdruck der Dynamik an der Küste im Wesentlichen um Strömungs- und Strukturbildungsphänomene handelt. Daraufhin wurde Fachliteratur aus den Bereichen Strömungsmechanik (z. B. Wilde, 1978), Thermodynamik (z. B. Blundell & Blundell, 2010), Nichtgleichgewichtsthermodynamik (z. B. Demirel, 2014) sowie der Theorie komplexe Systeme (z. B. Bar-Yam, 1997; Schurz, 2006) vertieft analysiert und eine um Strömungen und Strukturbildungen arrangierte Sachstruktur dargestellt, die sich durch folgende physikalischen Grundideen auszeichnet:

(I) Spezifische Energiequellen und äußere Kräfte treiben die Dynamik an der Küste an
Die Sonneneinstrahlung auf die Erde sowie äußere Kräfte (z. B. die Gravitation des Mondes) treiben die Dynamik an den Küsten vornehmlich an. Sie wirken allerdings nicht gleichmäßig auf die Erde ein, sodass u. a. in den Fluiden Luft und Wasser Temperaturunterschiede, Konzentrationsunterschiede und Impulsdichteunterschiede, fachlich jeweils als Gradienten zu verstehen, resultieren.

(II) Gradienten führen zu einer makroskopischen Dynamik von Wasser, Luft und Sand
Treten Gradienten in den Fluiden Luft und Wasser auf, dann ist der immerwährenden und ungerichteten mikroskopischen Teilchenbewegung eine gerichtete Bewegung überlagert. Diese ist auf Makroebene als freie bzw. erzwungene Strömung in Wasser oder Luft zu beobachten. Durch Wechselwirkung überträgt sich diese Dynamik auch auf granulare Materie, die in die Fluide eingebettet ist und mit den Fluiden wechselwirkt.

(III) Dynamik ist durch Ausgleich und Selbstorganisation charakterisiert
Durch die einsetzenden Strömungen werden die sie erzeugenden Gradienten verringert, sodass sich Strömungen als Ausgleichsprozesse interpretieren lassen. Die durch Strömungen hervorgerufene komplexe Dynamik der granularen Materie an der Küste führt u. a. auf positive und negative Rückkopplungsprozesse. Das Zusammenspiel beider Rückkopplungstypen lässt sich als Selbstorganisation deuten, durch die eine Strukturbildung in granularer Materie auftritt oder auftreten kann.

(IV) Ausgleich und Selbstorganisation erfolgen komplementär
Ausgleich geht mit einer Entropieerhöhung einher, Selbstorganisation mit einer Entropieverringerung. Ausgleich und Selbstorganisation sind jedoch kein Widerspruch, sondern bedingen einander: Für die Strukturbildung durch Selbstorganisation (Entropieverringerung) bedarf es an einem anderen Ort, außerhalb oder innerhalb des betrachteten Systems, einer mindestens kompensierenden Entropieerhöhung (z. B. durch Ausgleichsprozesse).

Empirische Aufgabe
Mit interessierten Laien aus drei Altersgruppen (Jugendliche, Erwachsene und Senioren) wurden 22 leitfadengestützte, teilstandardisierte Interviews (Witzel, 1985) geführt, um deren Begriffsbildungen (Eckes, 1991; Edelmann & Wittmann, 2012) und Erklärungskonzepte (White & Gunstone, 1992) zur physikalischen Dynamik an der Küste zu erheben. Die Interviewdaten wurden mit einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2012) ausgewertet. Folgende Forschungsfragen galt es zu beantworten:
- Welche Begriffsbildungen werden von den Befragten hinsichtlich Strömungen und Strukturbildungen vorgenommen? Welche Begriffe nutzen sie?
- Welche fachorientierten Konzepte nutzen sie, um Strömungen und Strukturbildungen zu entschlüsseln und zu erklären?

Begriffsbildungen hinsichtlich Strömungen und Strukturbildungen
Strömungen sind aus Befragtensicht durch ein Mindestmaß an Intensität charakterisiert, das ihren Alltagserfahrungen mit Strömungen am Strand entspricht. Darüber hinaus sehen sie Strömungen als kollektive, gerichtete Bewegungsform an, bei der sich Einzelteile/Partikel gemeinsam bewegen. Zentral ist den Befragten hierbei, dass die Ausdehnung der Einzelteile klein gegenüber der Gesamtbewegung ist ((quasi-)kontinuierliche Materieverteilung).
Strukturbildungen werden im Interview gleichzeitig als unregelmäßig und als regelmäßig bezeichnet: Mit dem Merkmal Unregelmäßigkeit verdeutlichen die Befragten eine Abgrenzung der Strukturen von einer homogenen Umgebung. Das Merkmal Regelmäßigkeit beziehen sie auf die Periodizität von räumlichen und zeitlichen Abfolgen, durch die Strukturen charakterisiert sein sollen. Darüber hinaus gelten den Befragten Strukturbildungen als einmalig, da diese lediglich in ähnlicher, nicht aber in exakter Weise erneut auftreten.

Konzepte zur Entschlüsselung von Strömungen und Strukturbildungen
Die Interviewten beziehen sich bei ihren Erklärungen vornehmlich auf erzwungene Strömungen; sie erläutern dabei, dass solche Strömungen *durch* Gezeiten, Erdrotation oder durch Wind (Kreisschluss) entstehen. Darüber hinaus erklären sie Strömungen selten aus der Bewegungslosigkeit heraus, sondern sind der Ansicht, dass sich Strömungsbewegung von Materie nur dadurch erklären lasse, dass sich die Bewegung anderer Materie auf Wasser oder Luft überträgt (Übertragungsvorstellung).
Die Vorstellungen, wie Strukturbildungen entstehen, korrespondieren mit den Begriffsbildungen der Befragten. So erläutern jene, die unter Strukturen eine sich von der homogenen Umgebung abgrenzende Unregelmäßigkeit verstehen, Strukturen entstünden durch Unregelmäßigkeiten in Umweltbedingungen (Temperatur, Sandgeschwindigkeit etc.). Die Periodizität in Strukturen erklären die Befragten mit einer Art Abdruckvorstellung: So gehen sie von bereits vorstrukturierter Materie aus (z. B. eine Wasserwelle), die ihre Struktur auf unstrukturierte Materie (z. B. Sand) überträgt, sodass sich eine Struktur (z. B. Rippel) bildet.

Aufgabe der Strukturierung
Hierbei werden die aus den Interviews rekonstruierten Begriffsbildungen und die von den Lernenden genutzten Konzepte systematisch mit der analysierten fachlichen Sachstruktur verglichen. Auf Basis dieses Vergleichs werden Vorschläge erarbeitet, wie sich die fachbezogenen Vorstellungen der Lernenden auf die herauspräparierten physikalischen Grundideen zur Küstendynamik hin entwickeln lassen. Unter Berücksichtigung dieser Vorschläge werden dann Leitlinien für didaktische Strukturierungen für die Verantwortlichen in den Bildungseinrichtungen im Wattenmeer formuliert. Die Leitlinien sollen sie dabei unterstützen, ihre Bildungsangebote über die physikalische Dynamik an der Küste fachdidaktisch zu fundieren.

Ausblick
Da die Leitenden der Bildungseinrichtungen meist nicht fachdidaktisch sozialisiert sind, müssen die didaktischen Leitlinien ihnen auch verdeutlichen, wie man zu den analytischen und empirischen Ergebnissen und dem Abgleich zwischen beidem gekommen ist. Zu diesem Zweck sind fachdidaktische Lerninterviews mit den Leitenden geplant, in denen die Leitlinien für die Ausstellungsgestaltung erklärt und diskutiert werden. Auf Grundlage der Interviewergebnisse werden die Leitlinien dann angepasst, um deren Akzeptanz zu erhöhen. Mittelfristiges Ziel ist eine adressatengerechte Broschüre, die eine *fachdidaktische Wissenschaftskommunikation* erreichen soll: In der Sprache der Leitenden der Bildungseinrichtungen wird dort der Prozess der Didaktischen Rekonstruktion bis hin zu konkreten Leitlinien und Vorschlägen für die Gestaltung von Exponaten und Lernstationen in Ausstellungen dargestellt.

Literatur

Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems.* Boulder: Westwing Press.

Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik, 39*, 4-11.

Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse von Bildungsangeboten norddeutscher Meeresforschungsinstitute*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.

Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Blundell, S. J. & Blundell, K. M. (2010). *Concepts in Thermal Physics*. Oxford: University Press.

Clauser, C. (2016). *Einführung in die Geophysik. Globale physikalische Felder und Prozesse in der Erde.* Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Demirel, Y. (2014). *Nonequilibrium thermodynamics. Transport and rate processes in physical, chemical and biological systems.* Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.

Eckes, T. (1991). *Psychologie der Begriffe.* Göttingen: Hogrefe.

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie.* Weinheim: Beltz.

Grotzinger, J. & Jordan, T. (2017). *Press/Siever Allgemeine Geologie.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung.* Weinheim: Beltz.

Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.

Schurz, J. (2006). *Systemdenken in der Naturwissenschaft. Von der Thermodynamik zur Allgemeinen Systemtheorie*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.

White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: Routledge.

Wilde, K. (1978). *Wärme- und Stoffübergang in Strömungen.* Darmstadt: Steinkopff.

Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.

Sarah Zloklikovits Universität Wien
Martin Hopf

Akzeptanzbefragungen zu elektromagnetischer Strahlung

Einleitung

Trotz ihrer Bedeutung für unser alltägliches Leben ist elektromagnetische Strahlung ein Thema, das typischerweise erst in der Sek. II unterrichtet wird. Im Zuge eines Dissertationsprojektes wird an einem Konzept zu elektromagnetischer Strahlung für die Sek. I gearbeitet. Dazu wurden in einem ersten Schritt Erklärungsangebote entwickelt und mit der Methode der Akzeptanzbefragungen evaluiert. In diesem Beitrag wird ein Einblick in die Ergebnisse gegeben.

Aktueller Forschungsstand

Forschung zum Lehren und Lernen elektromagnetischer Strahlung ist noch ein relativ wenig bearbeitetes Forschungsfeld der Physikdidaktik. Es liegen inzwischen einzelne Studien zu Schülervorstellungen zu elektromagnetischer Strahlung vor– für einen Überblick siehe z.B. Plotz (2017). Ausgehend von diesen Forschungsarbeiten formulierte Plotz vier Basiskonzepte, die der Unterricht zu elektromagnetischer Strahlung inkludieren sollte. Diese umfassen (a) die Ordnung im Spektrum, (b) die Ausbreitung von Strahlung, (c) ihre Omnipräsenz sowie (d) den Transport von Energie und die Wechselwirkung mit Materie (Plotz, 2017). Im Zuge von Abschlussarbeiten wurden Unterrichtseinheiten zu einzelnen Strahlungsarten entwickelt, die jedoch nur teilweise diese Basiskonzepte aufgreifen (Plotz & Zloklikovits, 2019).

Der Unterrichtsansatz

Der untersuchte Unterrichtsansatz unterscheidet sich insbesondere durch folgende zwei Punkte von bestehenden Konzepten: Einerseits werden die verschiedenen Strahlungsarten nicht einzeln abgehandelt, sondern die Gemeinsamkeiten elektromagnetischer Strahlung in den Vordergrund gestellt. Des Weiteren wird, basierend auf dem Forschungsstand zu geometrischen Optik in der Sek. I (Haagen-Schützenhöfer, 2016; Wiesner, Engelhardt & Herdt, 1995), auf die Beschreibung von Strahlung im Wellenbild verzichtet. Die Verfolgung von Vorgängen von der Quelle der Strahlung bis zum Empfänger, die Darstellung von Strahlung mittels kegelförmiger Pfeile sowie die Abgrenzung zu Materie wurden ebenfalls übernommen (Zloklikovits & Hopf, 2019).

Der Inhalt baut auf den Basiskonzepten von Plotz auf und unterteilt sich in folgende fünf Themenbereichen:

- Die Einführung des Strahlungsbegriffes und die Abgrenzung zu Materie
- Die Ausbreitung von Strahlung und die Wechselwirkung mit Materie
- Der Zusammenhang von Energie und Strahlung,
- Das elektromagnetische Spektrum
- Das Gefahrenpotential elektromagnetischer Strahlung

Forschungsfragen

Folgenden Fragestellungen wird nachgegangen:

- Finden SchülerInnen die Erklärungsangebote verständlich und plausibel?
- Können SchülerInnen die Inhalte auf neue Problemstellungen anwenden?
- Welche Hindernisse und Chancen lassen sich für das Lernen der spezifischen Inhaltsbereiche identifizieren?

Methode

Bei der Methode der Akzeptanzbefragung handelt es sich um eine Mischung aus Interview und Unterrichtssituation (Jung, 1992; Wiesner & Wodzinski, 1996). Die Erhebung wird mit einzelnen SchülerInnen durchgeführt und ermöglicht es so, einzelne Lernverläufe sehr genau zu beobachten. Insbesondere in den letzten Jahren hat sich diese Methode für die Entwicklung und Weiterentwicklung von Unterrichtskonzepten bewährt (Burde, 2018; Haagen-Schützenhöfer, 2016; Wiener, Schmeling & Hopf, 2015).

Grundidee diese Methode ist es, einem Schüler/ einer Schülerin ein Erklärungsangebot zu präsentieren und in einem mehrschrittigen Verfahren zu evaluieren, ob das Erklärungsangebot für die Schülerin/ den Schüler verständlich und plausibel ist und ob er bzw. sie in der Lage ist das Erklärte auf andere Aufgaben anzuwenden. Jung spricht hierbei vom „Akzeptieren" des Erklärungsangebotes. Dies ist sehr verwandt mit den notwendigen Anforderungen an einen Begriffswechsel (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982).

Bei einer Akzeptanzbefragung wird wie folgt vorgegangen: Ein Schüler/ eine Schülerin erhält zunächst eine Instruktion durch die Interviewerin. Er/ sie wird dann gebeten, das Erklärungsangebot zu bewerten. Dabei können bereits erste Widerstände oder Hemmungen gegenüber dem Erklärungsangebot identifiziert werden. Als nächstes wiederholt der Schüler/ die Schülerin die Erklärung in eigenen Worten. In der späteren Analyse sind bei diesem Schritt besonders Transformationen und Auslassungen bedeutsam. Als dritter Schritt wird eine Aufgabe gestellt, zu deren Lösung das erklärte Konzept in einem neuen Kontext angewendet werden muss. Bei der Auswertung wird darauf geachtet, ob die SchülerInnen beim Lösen der Aufgabe auf das Erklärungsangebot zurückgreifen und ob sie in der Lage sind, dieses adäquat anzuwenden. Durch diese Vorgehensweise kann dokumentiert werden, wie SchülerInnen auf das Erklärungsangebot reagieren. Lernschwierigkeiten und Vorstellungen werden sichtbar, aber auch, welche Elemente einer Erklärung sich gut bewähren. Das sind wertvolle Ergebnisse für die weiteren Entwicklungsschritte eines Unterrichtskonzeptes. Gleichzeitig stellen die entwickelten Erklärungsangebote einen Ausgangspunkt für die Entwicklung eines konkreten Lehr-Lern-Arrangements dar.

Forschungsdesign

Insgesamt wurden mit 20 SchülerInnen der 8. und 9. Schulstufe Befragungen durchgeführt. Dies geschah in drei Runden – nach jeweils 6 bzw. 8 Akzeptanzbefragungen wurden die Informationsangebote überarbeitet. Jene Erklärungsangebote, die auf gute Akzeptanz gestoßen sind, wurden gekürzt, um zusätzliche Erklärungen in den Befragungen evaluieren zu können.

Die Befragungen wurden aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Es wurde eine skalierende Inhaltsanalyse mit deduktiv formulierten Kategorien durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in einer Profilmatrix (vgl. Abb. 1) dargestellt, um Problemstellen zu identifizieren und gleichzeitig eine Übersicht über die Lernverläufe der einzelnen SchülerInnen zu erhalten (Haagen-Schützenhöfer, 2016; Kuckartz, 2016). Die Codierung durch einen Interrater ergab ein Cohens Kappa von 0.77, was einer guten Übereinstimmung entspricht (Kuckartz, 2016). Alle Problemstellen wurden aus den Transkripten herausgearbeitet, einer Expertenrunde präsentiert und diskutiert.

Ergebnisse & Diskussion

Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse sind in Abb. 1 dargestellt. Generell stoßen die Erklärungsangebote auf gute Akzeptanz. Die aus der Optik stammenden Gestaltungselemente (s.o.) haben sich erfolgreich auf das gesamte Spektrum übertragen lassen und stoßen ebenfalls auf gute Akzeptanz. Die Ergebnisse zu Runde 1 zeigen, dass SchülerInnen Schwierigkeiten haben Aufgaben im Kontext Radiowellen zu lösen. Diese konnten wir darauf zurückführen, dass die Alltagserfahrungen zum Radio – z.B., dass man Radiowellen hören kann – nicht

anschlussfähig sind (Zloklikovits & Hopf, 2019). In Runde zwei wurden stattdessen Aufgaben mit dem Kontext Handystrahlung eingesetzt. Die Resultate zeigen, dass nach dieser Änderung die Aufgaben gut von den SchülerInnen gelöst werden konnten.
In Runde 2 und 3 zeigten sich Probleme zu den Themenbereichen Energie und Spektrum, die noch nicht zufriedenstellend aufgelöst werden konnten. Es zeigte sich, dass das Konzept der Energie hilfreich ist um SchülerInnen die verschiedenen Wirkungen von Energie zu erläutern, viele SchülerInnen allerdings zögern den Begriff „Energie“ selbst zu verwenden. Dieser Befund deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Schülervorstellungsforschung zu Energie (Duit, 2014).

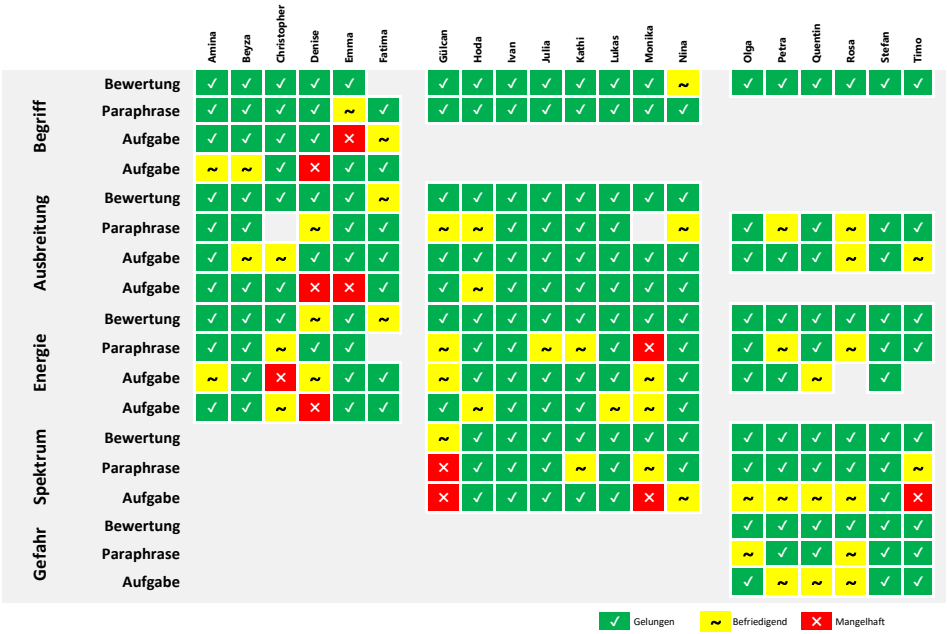


Abb. 1, Ergebnisse der skalierenden Inhaltsanalyse

Darüber hinaus können wir mit unseren Daten bereits dokumentierte Vorstellungen ausschärfen und ergänzen. Während Neumann die Schülervorstellung dokumentierte, dass Licht anders als Strahlung ist (Neumann & Hopf, 2012), so können wir berichten, dass SchülerInnen Licht sehr wohl als Strahlungsart akzeptieren. Das Problem ist eher, dass SchülerInnen ihre Vorstellungen zu Licht auf das restliche Spektrum übertragen, was sich in Aussagen wie „Strahlung ist immer sichtbar“ und „Strahlung ist immer warm“ zeigt. Ebenfalls aus Vorgängerstudien ist bekannt, dass SchülerInnen „strahlende“ Bildschirme mit dem Begriff „Strahlung“ assoziieren (Neumann & Hopf, 2013; Plotz & Hollenthoner, 2019). In unseren Erhebungen hat sich gezeigt, dass teilweise sogar sehr gute SchülerInnen glauben, dass die oft diskutierte „Handystrahlung“ sich auf die Strahlung des Bildschirmes bezieht. Zur Funktionsweise der Informationsübertragung scheinen viele SchülerInnen keine Vorstellung zu haben.

Ausblick

Die Transkripte der Akzeptanzbefragungen werden noch weiteren Analysen unterzogen. Als nächsten Schritt wird der Prototyp eines Lehr-Lern-Arrangements entwickelt und mit einzelnen SchülerInnen evaluiert.

Literatur

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells:* Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/4726

Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine et al. (Eds.), *Teaching and Learning of Energy in K - 12 Education* (pp. 67–85). Cham: Springer International Publishing.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I*. Habilitationsschrift. Universität Wien, Wien.

Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop at the University of Bremen. Kiel: IPN* (S. 278–295).

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz Juventa.

Neumann, S. & Hopf, M. (2012). Students' conceptions about 'radiation'. Results from an explorative interview study of 9th grade students. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(6), 826–834.

Neumann, S. & Hopf, M. (2013). Children's drawings about "radiation"—before and after Fukushima. *Research in Science Education*, *43*(4), 1535–1549.

Plotz, T. (2017). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, *52*(1), 14004.

Plotz, T. & Hollenthoner, F. (2019). Replicating a study about children's drawings concerning radiation. *Multidisciplinary Journal for Education, Social and Technological Sciences*, *6*(1), 71. https://doi.org/10.4995/muse.2019.10390

Plotz, T. & Zloklikovits, S. (2019). Strahlung konkret. *Plus Lucis*, (2), 34–42.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66*(2), 211–227. https://doi.org/10.1002/sce.3730660207

Wiener, G. J., Schmeling, S. M. & Hopf, M. (2015). Can Grade-6 Students Understand Quarks? Probing Acceptance of the Subatomic Structure of Matter with 12-Year-Olds. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *3*(4), 313–322.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt, D. (1995). *Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion* (Unterricht Physik, Bd. 1, 2. verbesserte Auflage). Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. *Lernen in den Naturwissenschaften,* 250–274.

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2019). Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (Bd. 39, S. 711–714).

Andrea Hauff-Achleitner Universität Wien
Martin Hopf

Energieerhaltung in der Sekundarstufe 1

Das Energiekonzept ist besonders wichtig für ein tiefergehendes Verständnis der Naturwissenschaften. Energieerhaltung wird in vielen Forschungsbeiträgen als schwieriges Teilkonzept beschrieben (Nordine, 2016). Es wurde ein neues Unterrichtskonzept für die Sek 1 – aufbauend auf Vorarbeiten von Martin Bader (2001) – entwickelt, welches die Energieerhaltung in den Vordergrund stellt. Um die Wirksamkeit des neuen Curriculums empirisch zu überprüfen, wird mit einem Mixed-Methods-Ansatz in einem Vergleichsstudiendesign gearbeitet. Die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler wurden im Prae- und Posttest-Design untersucht. Die Antworten der offenen Fragen wurden analysiert und kategorisiert. Die so erhaltenen Kategorien zeigen die häufigsten Schwierigkeiten mit dem Energiekonzept.

Theoretischer Hintergrund

Schülerinnen und Schüler haben immer wieder ein Problem mit dem Verständnis von Energie, besonders mit dem Teilaspekt der Energieerhaltung (vgl. Chen, 2014). Sie verbinden mit dem Begriff der Energie etwas Materielles, zum Beispiel Öl, Benzin und Kohle (Duit, 1986) oder wie in der Replikationsstudie von Crossley et al. (2009) gezeigt, kommt es zu einer Identifizierung mit Strom. Das Verständnis von Energie wird zudem erschwert, da sich der Alltagsbegriff „Energie“ nicht unwesentlich vom physikalischen Begriff „Energie“ unterscheidet. So verwundert es nicht, wenn Schülerinnen und Schüler in ihren Erklärungen lieber auf alltägliche Begriffe wie „der Schwung“ oder die Steilheit der Bahn etc. zurückgreifen, als den Begriff der Energie oder Energieerhaltung zu verwenden (Nordine, 2016). Des Weiteren fällt es den Schülerinnen und Schülern, wie auch Studierenden sehr schwer Systeme zu identifizieren, bzw. zu erkennen, dass eine Energieanalyse immer vom gewählten System abhängt. Viele Studierende egal welchen Alters sind ebenso der Meinung, dass der Energieerhaltungssatz immer anzuwenden sei und dieser immer – unabhängig vom gewählten System gilt. Diese Situation lässt sich auch bei Studierenden beobachten (Lindsey, 2012).
Duit formuliert in seiner Habilitationsschrift „Der Energiebegriff im Physikunterricht“ (1986) fünf grundlegende Aspekte des Energiebegriffs – Konzeptualisierung des Energiebegriffs, Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung und Energieentwertung. In vielen Unterrichtsvorschlägen wird zuerst auf Energieformen eingegangen, danach Energieumwandlungen, Energieentwertung und zum Schluss erst Energieerhaltung thematisiert (Papadouris et. al., 2010 oder Nordine et al., 2010). Dieser Ansatz scheint durch die großangelegte Studie von Knut Neumann et al. (2012) belegt zu werden. Dazu wurden ca. 1900 Schülerinnen und Schüler der 6., 8. und 10. Jahrgangsstufe in Nordrhein-Westfalen befragt. Es wurde ein Multiple-Choice-Test, das sogenannte ECA – Energy-Concept-Assessment, mit insgesamt 102 Fragen entwickelt. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass es gerade den jüngeren Lernenden leichter fiel, Aufgaben zu Energieformen und -arten zu beantworten. Nur wenige Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe konnten Fragen zur Energieerhaltung richtig beantworten.
Martin Bader (2001) verfolgte einen gänzlich anderen Ansatz. Er stellte die Energieerhaltung an den Beginn seines Unterrichtskonzeptes und konnte damit sehr gute Erfolge bei der Austestung in der 9. Jahrgangsstufe erzielen.

Unterrichtskonzept

Die Grundidee des Unterrichtskonzept ist es, dass gleich zu Beginn die Energieerhaltung eingeführt wird und diese in den unterschiedlichsten Unterrichtsstunden immer wieder aufgegriffen und in unterschiedlichen Kontexten angewendet wird. Insgesamt umfasst das Konzept

zwischen 10 bis 12 UEs. Am Beginn des Unterrichtskonzepts wird die Energieerhaltung anhand eines eigens dafür ausgearbeiteten Rollenspiels mit Legosteinen – angelehnt an die Lectures von Richard Feynman – eingeführt. Ebenso wird im Zuge dieses Spiel der Begriff des Systems veranschaulicht und verständlich dargelegt. Im Anschluss daran sollen mögliche Energieformen erarbeitet werden und Energieumwandlungsketten eingeführt werden. Die darauffolgenden Unterrichtseinheiten werden für Experimente zu potentieller und kinetischer Energie genützt. Im Anschluss daran wird die Energieumwandlung anhand des Pendels nochmals detailliert besprochen. Den Abschluss des Unterrichtskonzept bildet die Energieentwertung.

Forschungsdesign

Das entwickelte Unterrichtskonzept wird im Anfangsunterricht (6. oder 7. Jgst.) unterrichtet. In einer Baseline-Testung wurden ca. 300 Teilnehmende nach dem Energieunterricht mittels MC-Fragen von Neumann et al. und selbsterstellten offenen Fragen befragt. In einer Vorstudie in den Schuljahren 15/16 bzw. 16/17 wurden ca. 160 Kinder nach dem entwickelten Unterrichtskonzept unterrichtet. Im Zuge dieser Vorstudie wurde das Konzept wie auch die Fragebögen immer wieder überarbeitet. Die Hauptstudie erfolgte in den Schuljahren 17/18 bzw. 18/19. Hier nahmen insgesamt ca. 480 Lernende der 6. bzw. 7. Jahrgangsstufe teil, knapp 260 Schülerinnen und Schüler wurden nach dem Unterrichtskonzept unterrichtet.
Der Fragebogen wurde in einem mixed-methods-Ansatz erstellt. In der Hauptstudie beinhaltete er 11 MC-Fragen nach Neumann et al. (2012) und 3 offene Fragen. Diese wurden im prä-post-Format eingesetzt. Stets wurde aber darauf geachtet, dass zuerst die offenen Fragen bearbeitet waren, bevor mit der Bearbeitung der MC-Fragen begonnen wurde. Diese Vorgangsweise wurde von der Vorstudie abgeleitet, da die Schülerinnen und Schüler sonst versuchten, Antworten aus den gestellten MC-Fragen zu konstruieren. Zusätzlich wurde im prä-Test auch noch eine Subskala (Faltetest) des KFT verwendet, und ein Motivationsbogen ebenfalls im prä-post-Format hinzugefügt.

Ergebnisse und Diskussion

Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf die Hauptstudie aus den Jahren 17/18 bzw. 18/19. Es werden hier ausschließlich die Ergebnisse der offenen Frage vorgestellt. An der Hauptstudie haben insgesamt 479 Personen teilgenommen. 106 der 222 Teilnehmenden der Kontrollgruppe waren weiblich, in der Treatmentgruppe waren es 111 von 257 Personen.
Die Struktur der offenen Fragen wurde in der Einstiegsfrage (a) mit dem Abfragen von Energieumwandlungen bewusst einfach gewählt. Im Anschluss daran wurden Fragen zum Energiekonzept gestellt. Beispielsweise die Position der höchsten Geschwindigkeit, oder eine Erhaltungs- bzw. Entwertungsaufgabe.
Die offenen Fragen wurden anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring mit einem zusammenfassend induktiven Zugangs ausgewertet. Die Schülerantworten wurden in einem induktiven Ansatz nach bekannten Schülervorstellungen kategorisiert. Im Anschluss daran wurden weitere Kategorien aus den Schülervorstellungen deduktiv ergänzt.
In der Abbildung 1 ist die Originalfrage („Mädchen auf der Schaukel“) zu sehen. Für die Antwort a wurden die Kategorien aus Tabelle 1 gebildet. Die Kontroll- und die Treatmentgruppe zeigt in ihrem Antwortverhalten im Prä-Test keine Auffälligkeiten. Die erwartete Antwort „potentielle Energie wird in kinetische Energie und wiederum in potentielle Energie umgewandelt“ bzw. „kinetische Energie wird in potentielle Energie und dann wieder in kinetische Energie umgewandelt“ konnte von ca. 25% der Treatmentgruppe vollständig richtig beantwortet werden.

In der Kontrollgruppe gelang dies ca. 16% der Schülerinnen und Schüler. Ein wesentlicher Unterschied in der Beantwortung zeigt sich in den Kategorien „Alltagserfahrung ‚Schwung'

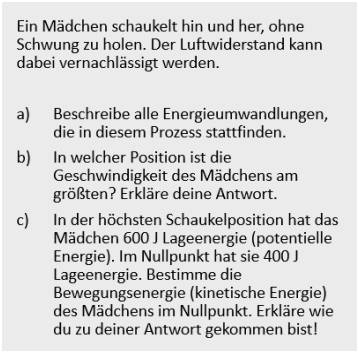


Abbildung 1: Mädchen auf der Schaukel

Kategorie	KPR (%)	TPR (%)	KPO (%)	TPO (%)
SuS hat eine Energieform erwähnt.	5,41	9,34	9,46	5,88
SuS hat beide Energieformen erwähnt.	4,5	2,34	29,28	38,43
SuS hat eine Umwandlung zwischen den genannten Energieformen erwähnt.	3,15	2,33	16,66	10,82
SuS hat eine vollständige Umwandlungskette erwähnt.	0	2,33	0,89	24,71
SuS haben keine Antwort gegeben.	48,55	48,64	17,12	6,27
SuS haben ausgedachte Energieformen erwähnt.	14,41	17,05	8,36	7,85
SuS haben mittels der Alltagserfahrung „Schwung" die Aufgabe beantwortet.	10,81	4	6,76	0,39
SuS haben mittels der Alltagserfahrung „Bewegung" die Aufgabe beantwortet.	13,17	14,4	12,16	6,27

Tabelle 1: Kategorien zu Frage a

bzw. „Alltagserfahrung ‚Bewegung' ". Hier beziehen ca. ein Viertel aller Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ihre Erfahrung beim Schaukeln in ihre Antwort mit ein. In der Treatmentgruppe sind es lediglich 7%. 17% aller Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe gab keine Antwort, in der Treatmentgruppe waren es nur 6% der Schülerinnen und Schüler. Beispielantworten belegen dieses Antwortverhalten. *„Es findet keine Energieumwandlung statt, da der Luftwiderstand vernachlässigt wird. Sie hat immer die gleiche kinetische Energie."* (KPO068, m) oder *„Wenn das Mädchen sich am höchsten Punkt befindet hat es die meiste potentielle Energie, wenn es dann hinunter schaukelt nimmt die kinetische Energie zu, bis es am niedrigsten Punkt ist. Beim nach oben schaukeln nimmt die potentielle Energie wieder zu."* (TPO134, w).

Auch bei Frage b (siehe Abbildung 1) zeigten die Schülerinnen und Schüler der Hauptstudie im prä-Test ein ähnliches Antwortverhalten. Im post-Test gaben von anfänglich ca. 50% der Kontrollgruppe immer noch ca. 41% eine falsche oder keine Position an. In der Treatmentgruppe hat sich dieser Wert halbiert. Hier konnten knapp 70% der Schülerinnen und Schüler die richtige Position nennen, und ca. 25% gaben eine richtige Begründung mit Hilfe von Energie an, wie beispielsweise „*ganz unten, weil da die potenzielle Energie am niedrigsten und die Bewegungsenergie am höchsten ist.*" (TPO062, m).

Im Antwortverhalten des prä-Tests zu Frage c (Abbildung 1) konnten ebenso kaum Unterschiede festgestellt werden. Deutlich mehr als die Hälfte aller Befragten beider Gruppen konnte diese Frage im prä-Test nicht beantworten. Im post-Test gaben knapp 40% der Kontrollgruppe und lediglich ca. 13% der Treatmentgruppe keine Antwort. 30% der Befragten der Treatmentgruppe nannten das richtige Ergebnis und begründeten mit dem Energieerhaltungssatz ihre Antwort, „*200J kinetische Energie da in einem geschlossenen System die Energie nur umgewandelt wird und daher wurden von den Anfangs 600, 200 in kinetische E. umgewandelt und 400 bleiben gleich.*" (TPO193, w) Lediglich ca. 17% der Kontrollgruppe konnte ebenfalls eine Begründung mit dem Energieerhaltungssatz geben, wie zum Beispiel „*600-400 = 200J. Da dort die Geschwindigkeit hochsten und Epot am wenigsten ist habe ich subtrahiert.*" (KPO208, m).

Ausblick

Die erste Analyse zeigt, dass die Treatmentgruppe die Fragen bezüglich der Energieerhaltung besser beantwortet und vollständigere Begründungen liefert. Es bleibt aber noch die weiteren offenen Fragen zu analysieren. Ebenso werden die Multiple-Choice-Fragen nach Neumann et al., wie auch die Fragen zu Motivation und Selbstkonzept noch ausgewertet.

Literatur

Bader, M. (2001). Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges “Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre”. Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Chen, R. (2014). Teaching and learning of energy in K-12 education. Springer. ISBN: 9783319050164

Crossley, A., Hirn, N., Starauschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. https://www.researchgate.net/publication/264231819 (13.12.2017)

Duit, R., (1986). Der Energiebegriff im Physikunterricht. IPN. Kiel: Univ.-Habil.

Duit, R., (1986). Energievorstellungen. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 34, Heft 13, S. 7-9

Feynman, R., Leighton R., Sands M. (2015). Feynman-Vorlesungen über Physik 1: Mechanik. 6. Auflage, new millenium-edition. De Gruyter.

Lindsey, Beth A., Heron, Paula, Shaffer, Peter – Student understanding of energy: Difficulties related to systems (American Journal of Physics 80, 154 (2012)

Neumann, K., Viering, T., Boone, W.J., & Fischer, H.E. (2013). Towards a Learning Progression of Energy. Journal of Research in Science Teaching, 50 (2), 162-188

Nordine, J. (2016). Teaching energy across the sciences, K-12. Arlington, Virginia: NSTApress, National Science Teachers Association. ISBN: 9781941316016

Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus D. (2010). Transforming Energy Instruction in Middle School to Support Integrated Understanding and Future Learning. Science & Education, 95 (4), 670 – 699

Papadouris, N., Constantinou, C.P. (2011). A Philosophically Informed Teaching Proposal on the Topic of Energy for Students Aged 11-14. Science & Education, 20 (10), 961-979

Philipp Bitzenbauer FAU Erlangen-Nürnberg
Jan-Peter Meyn

Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik mit Einzelphotonenexperimenten – Ergebnisse einer Pilotstudie

Das Unterrichtskonzept zur Quantenoptik

Dem Konzept liegt das Experiment aus der Publikation von Grangier et al. (Grangier, Roger, & Aspect, 1986) zugrunde, mit dem gleichzeitig die Unteilbarkeit von Photonen als auch die Einzelphotoneninterferenz gezeigt werden kann. Die Ergebnisse dieses Experiments führen dazu, dass die Vorstellung des Photons als lokalisierbares Teilchen fallen gelassen werden muss. Gegliedert ist das Unterrichtskonzept in vier Kapitel, die in insgesamt vier Schulstunden unterrichtet werden. Am Beispiel des Quantenobjekts „Photon“ können damit Wesenszüge der Quantenphysik (Küblbeck & Müller, 2007) vermittelt werden:

Kapitel 1: Einzelphotonendetektoren
Kapitel 2: Koinzidenzmessung
Kapitel 3: Unteilbarkeit von Photonen
Kapitel 4: Einzelphotoneninterferenz

Details zum Konzept findet man bei Bitzenbauer & Meyn (2019).

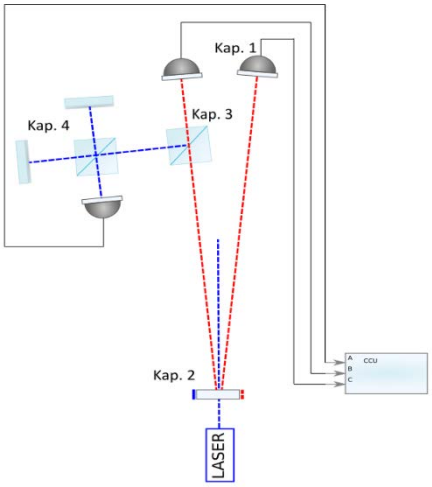


Abb. 1: Schematische Darstellung des Experiments von Grangier et al. (1986).

Forschungsdesign und Methodik

Zur Evaluation der entwickelten Elementarisierungen quantenoptischer Konzepte wurden Teaching Experiments mit $N = 13$ Schülerinnen und Schülern der gymn. Oberstufe durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass insbesondere die Erklärung der Funktionsweise von Einzelphotonendetektoren in Analogie zum Entstehen und zum Abgang einer Schneelawine von den Schülerinnen und Schülern durchweg sehr gut akzeptiert und als hilfreich empfunden wurde. Auch die Erläuterungen zur Koinzidenzmessung als Grundlage von Einzelphotonenexperimenten sowie die Erklärung zum Antikorrelationsfaktor α stießen auf mittlere bis gute Akzeptanzwerte. Die Paraphrasierungen als Teil der Teaching Experiments konnten von der überwiegenden Zahl der Schülerinnen und Schülern mit mindestens zufriedenstellender Qualität widergegeben werden. Mit diesen qualitativen Ergebnissen liegen Indizien vor, dass die Experimente mit den entwickelten Erklärungen für Schülerinnen und Schüler verständlich sind und es wurden nur kleinere Änderungen am Konzept vorgenommen. Die Akzeptanzbefragungen ermöglichen überdies die Untersuchung von Schülervorstellungen, die durch das neue Konzept gefördert werden.

Abb. 2: Übersicht über das Studiendesign.

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Teaching Experiments folgt eine summative Evaluation des Unterrichtskonzepts im Prä-Posttest-Design mit Follow-Up-Test. Zusätzlich soll mit Hilfe einer Befragung von Lehrkräften die Praxistauglichkeit des Konzepts evaluiert werden und leitfadengestützte Interviews in der Retrospektive sollen zeigen, inwiefern Schülerinnen und Schüler ein elaboriertes Verständnis bis hin zu den Wesenszügen der Quantenphysik erwerben.

Entwicklung eines Testinstruments zur Quantenoptik

Damit die Zusammenstellung der Prüfungsfragen die Inhaltsbereiche der Intervention gut abbildet, wurde zunächst ein Blueprint nach Flateby (2013) entwickelt; dabei handelt es sich um eine Themenmatrix, die Inhaltsbereiche der Intervention einerseits und die in diesen Themen zu erreichenden Lernniveaus der Schülerinnen und Schüler andererseits beinhaltet und nach Relevanz gewichtet (Krebs, 2008). Zu den jeweiligen Inhaltsbereichen wurden zunächst 21 Items im offenen Format formuliert. Um sinnvolle Distraktoren zu finden, wurden diese an $N = 23$ Lehramtsstudierende gegeben. Häufig auftauchende Fehler oder solche Antworten, die inhaltlich nah an der richtigen Lösung sind, können als plausible Distraktoren für das Testinstrument extrahiert werden; dieses Vorgehen ist in der fachdidaktischen Forschung verbreitet (Schnell, Hill, & Esser, 2018) – insbesondere wenn keine Befunde zur Schülervorstellungen vorliegen.

Bei geschlossenen Aufgabenformaten decken die Antwortmöglichkeiten mitunter nicht alle denkbaren Reaktionen der Probandinnen und Probanden ab, beeinflussen sich gegenseitig oder entsprechen nicht der natürlichen Antwort der Befragten (ebd.), was sich negativ auf die Validität auswirken kann (Rost, 2004). Eine gängige Methode zur Überprüfung der Qualität von Testaufgaben ist die des „Lauten Denkens“, die unabhängig vom Aufgabenformat eingesetzt werden kann (Hadenfeldt, Repinning, & Neumann, 2014). Im Zuge der Pilotierung des Testinstruments wurde die Methode des „Lauten Denkens“ vorrangig zur Optimierung der Aufgabengüte und damit zur Verbesserung der Validität auf Item-Ebene mit $N = 13$ Oberstufenschülerinnen und -schülern durchgeführt. Am Anfang stand eine Instruktion zum Lauten Denken, die in Anlehnung an Mackensen-Friedrichs (2004) formuliert wurde, um eine standardisierte Durchführung der Methode sicherzustellen (Sandmann, 2014). Die „Laute Denken“-Erhebung führte zur sprachlichen Überarbeitung aller Items und drei Items sind zusätzlich entstanden.

Beim Bearbeiten des Tests ist jeweils zusätzlich zum Kreuz bei der richtigen der drei Aussagen, die eigene Sicherheit beim Ankreuzen anzugeben. Ein Punkt wird nur vergeben, wenn die Antwort richtig und der Proband sich mindestens sicher ist. Dadurch soll der Rateeinfluss minimiert werden und außerdem werden zusätzliche Auswertemöglichkeiten geschaffen. Mit dem Test wird nicht das Ziel verfolgt „die“ Quantenoptik als Konstrukt zu messen; stattdessen geht es um zentrale Begriffe zu unterschiedlichen Teilgebieten der Quantenoptik. Zunächst wird also damit untersucht, inwiefern das entwickelte Unterrichtskonzept dazu beiträgt, dass Schülerinnen und Schüler sich im Begriffsfeld der Quantenoptik bewegen können und inwiefern sie sich im Umgang mit den Begriffen sicher sind. Tiefergehende Verknüpfungen zwischen den Begriffen, Elaborationen und Bezüge zu den Wesenszügen der Quantenphysik werden in leitfadengestützten Interviews erhoben.

Ausgewählte Ergebnisse der Pilotstudie

Für eine Itemanalyse wurde eine Pilotstudie mit insgesamt $N = 100$ StudienanfängerInnen der Ingenieurswissenschaften durchgeführt, wobei 86 vollständige Prä-Posttestpaare vorliegen. 73 der Teilnehmer waren männlich. Items mit einer Itemschwierigkeit $< .2$ bzw. $> .8$ wurden genauso eliminiert, wie Items mit Trennschärfen unter .3 (Neuhaus & Braun, 2007). Übrig bleibt ein Itemset bestehend aus 13 Items. Alle haben Trennschärfen oberhalb von. 3, teilweise liegen diese sogar im guten Bereich $> .5$ (Fisseni, 2004). Cronbach’s Alpha als Maß für die

interne Konsistenz des Testinstruments beträgt $\alpha = .78$. Die Split-Half-Reliabilität liegt bei $r = .71$. Ein Argument für Kriteriumsvalidität sind signifikante Korrelationen des Posttestergebnisses mit den Außenkriterien „Durchschnittsnote Physik“ mit $r = -.47$ ($p < 0.01$) sowie dem „Interesse an Quantenphysik“ mit $r = -.41$ ($p < 0.01$). Eine konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt die dreifaktorielle Struktur des Testinstruments, sodass die drei Subskalen „Einzelphotonenexperimente“ ($\alpha = .53$), „Photonen“ ($\alpha = .61$) und „Theoretische Aspekte“ ($\alpha = .61$) empirisch trennbar sind ($\chi^2/df = 0.83$, $p < 0.001, CFI = 1.00, RMSEA = 0.00, SRMR = 0.063$). Die Inhaltsvalidität wurde neben einer Lehrplananalyse mittels eines Expertenratings ($N = 8$) gesichert.

Zum Vergleich von Prätestergebnis ($m = 3.12$; $SD = 2.24$) und Posttestergebnis ($m = 5.94$; $SD = 3.15$) wurde ein nichtparametrischer Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben gerechnet. Dieser zeigt einen signifikanten Lernzuwachs mit großer Effektstärke ($Z(N = 86) = -7.13, p < .001, d = 3.73$). Teilt man die Stichprobe nach Leistungsterzilen (abhängig vom Prätestergebnis) auf, so zeigt eine Analyse des absoluten Lernzuwachses, dass dieser für die leistungsstärkeren Probanden ($m = 2.21$, $SD = 2.17$) niedriger ist als für Leistungsschwächere ($m = 3.00$, $SD = 2.66$), sodass ein höherer Lernzuwachs nicht auf ein höheres Vorwissen zurückzuführen ist.

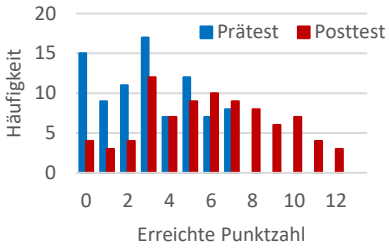


Abbildung 3: Testergebnisse im Prä-Posttestvergleich.

Beim Ankreuzen im Posttest sind die ProbandInnen signifikant sicherer als im Prätest ($Z(N = 86) = -8.0, p < 0.001, d = 3.43$); insbesondere werden sie bei allen Items im Posttest signifikant sicherer, bis auf bei einem Item, bei dem mit dem atomaren Energieübergang ein Inhalt abgefragt wird, der nicht explizit Teil des Unterrichtskonzepts ist; geschlechterspezifische Unterschiede sind nach einem Mann-Whitney-U-Test nicht statistisch signifikant ($U = 663.00, p = 0.76$). Es zeigt sich ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen der mittleren Sicherheit der Probanden im Posttest und ihrer Durchschnittsnote in Physik ($r = .33, p = .002$).

Untersucht man den absoluten Lernzuwachs in Abhängigkeit vom angegebenen Interesse an Quantenphysik, so zeigt sich, dass die (sehr) interessierten ProbandInnen im Mittel einen höheren Lernzuwachs vorweisen, als die weniger Interessierten. Überraschend ist aber, dass die nicht und gar nicht Interessierten einen ebenso hohen Lernzuwachs zeigen, wie die sehr Interessierten. Hier ist in der Hauptuntersuchung die Frage zu klären, ob mit dem qualitativen Konzept insbesondere die an Physik weniger Interessierten und leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler erreicht werden.

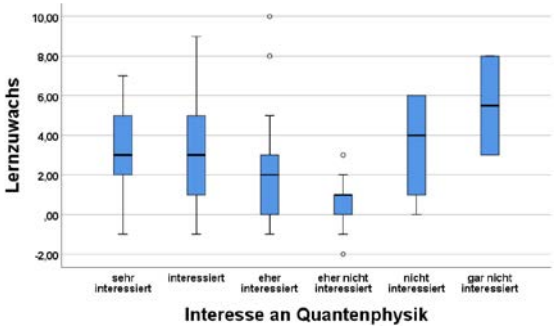


Abbildung 4: Lernzuwachs in Abhängigkeit vom Interesse an Quantenphysik.

Literatur

Bitzenbauer, P., & Meyn, J.-P. (2019). Quantenphysik greifbar unterrichten. Plus Lucis.

Fisseni, H.-J. (2004). Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Hogrefe.

Flateby, T. L. (2013). A Guide for Writing and Improving Achievement Tests. University of South Florida.

Glug, I. (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel.

Grangier, P., Roger, G., & Aspect, A. (1986). Experimental evidence for a photon anticorrelation effect on a beam splitter: a new light on single-photon interference. Europhysics Letters.

Hadenfeldt, J., Repinning, B., & Neumann, K. (2014). Die kognitive Validität von Ordered Multiple Choice Aufgaben zur Erfassung des Verständnisses von Materie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Krebs, R. (2008). Multiple Choice Fragen? Ja, aber richtig. Medizinische Fakultät; Institut für Medizinische Lehre IML; Abteilung für Assessment- und Evaluation AAE. Bern.

Küblbeck, J., & Müller, R. (2007). Die Wesenszüge der Quantenphysik. Aulis.

Mackensen-Friedrichs, I. (2004). Förderung des Expertiseerwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9. Kiel.

Neuhaus, B., & Braun, E. (2007). Testkonstruktion und Erhebungsstrategien – praktische Tipps für empirisch arbeitende Didaktiker. In H. Bayrhuber, Kompetenzentwicklung und Assessment (S. 135-165). Innsbruck: Studienverlag.

Rost, J. (2004). Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion. Bern u.a.: Verlag Hans Huber.

Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 179-188). Springer .

Schnell, R., Hill, P. B., & Esser, E. (2018). Methoden der empirischen Sozialforschung. De Gruyter.

Nicole Schrader Freie Universität Berlin
Claus Bolte

Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität

Ausgangspunkt

Mittlerweile gibt es eine kaum noch überschaubare Zahl von Untersuchungen zu Schülervorstellungen und deren Veränderungen durch naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Pfund & Duit 2009). Während die Vorstellungen von Schüler*innen in wesentlichen Inhaltsbereichen der Chemie und Physik inzwischen als hinlänglich erforscht gelten, sind Untersuchungen zu Schülervorstellungen im Bereich *Radioaktivität und ionisierende Strahlung* national wie international eher selten. Eine Ausnahme bilden die Arbeiten von Eijkelhof (1990), Eijkelhof et al. (1990), Millar (1994), Cooper, Yeo und Zadnik (2003).
Basierend auf den Ergebnissen unserer Pilotierungsstudie (Schrader & Bolte 2018), haben wir unseren eigens konzipierten Fragebogen zur Analyse des konzeptuellen Verständnisses im Themenfeld *Radioaktivität und ionisierende Strahlung* überarbeitet und die optimierte Version mittlerweile in unserer Hauptstudie eingesetzt.
Ziel der Studie ist zu eruieren, inwiefern ein der naturwissenschaftlichen Sichtweise entsprechendes konzeptuelles Verständnis im Themenfeld Radioaktivität zu einer objektiveren Risikowahrnehmung führt.

Fragestellung

Ausgehend von der oben genannten Zielsetzung der Arbeit haben wir unterschiedliche Forschungsfragen untersucht. In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf die Frage:

- *Inwiefern gelingt es Schüler*innen zwischen den Begriffen Radioaktivität, Strahlung und radioaktives Material sachgemäß zu unterscheiden?*

Methode

Zur Beantwortung unserer Forschungsfrage verwenden wir den oben erwähnten Fragebogen, der nunmehr aus acht in ihrer Struktur einander gleichende Aufgaben zur systematischen Analyse des konzeptuellen Begriffsverständnisses von Schüler*innen besteht (Schrader & Bolte 2018).
Die acht Aufgaben thematisieren verschiedene Anwendungsmöglichkeiten radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung, nämlich:

[1] Lebensmittelbestrahlung,
[2] Röntgenuntersuchung,
[3] Szintigraphie
[4] Bodenbelastung,
[5] Papierdickenmessung,
[6] Füllstandsmessung,
[7] Leckortung
[8] Radiojodtherapie.

Somit fokussieren vier der acht Aufgaben auf Bestrahlungsszenarien (Aufgabe [1], [2], [5] und [6]), während die übrigen vier Aufgaben Kontaminationsszenarien in den Blick nehmen (Aufgabe [3], [4], [7], [8]).
Ferner richten die acht Aufgaben die Aufmerksamkeit auf drei medizinische (Aufgabe [2], [3] und [8]) und fünf technische Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlung, (Aufgabe [1], [4], [5], [6] und [7]). Dabei ist in den drei beschriebenen medizinischen An-wendungen immer eine lebende Person das betrachtete Objekt. Hingegen werden in den technischen Anwendungsmöglichkeiten keine Personen, aber dennoch belebte Objekte, wie Erdbeeren [1] oder Pilze [4], aber auch nichtbelebte Objekte, wie Papier [5] und Erdöl [7], in den Blick genommen.
Dieses breite Anwendungsspektrum wurde von uns deshalb gewählt, um herauszufinden, inwiefern das Antwortverhalten durch den zugrundeliegenden Kontext determiniert wird.

Stichprobe
Der Fragebogen wurde am Ende des ersten Schulhalbjahres 2018/2019 in 31 Klassen der 10. Jahrgangsstufe aus sieben Schulen unterschiedlicher Schulformen (Gymnasium, Integrierte Sekundarschule) eingesetzt. Insgesamt nahmen 598 Schüler*innen (M_{Alter}=*15,48,* SD_{Alter} = *0,88)* an der schriftlichen Befragung teil. Die Befragung fand innerhalb des regulären naturwissenschaftlichen Unterrichts statt. Die Dauer der Befragung betrug etwa 25 Minuten.

Ausgewählte Ergebnisse
Zur Analyse, inwiefern Zusammenhänge im Antwortverhalten der Schüler*innen im Hinblick auf die verschiedenen Variablen erkennbar und signifikant sind, wurden Kreuztabellierungen mit anschließenden Kontingenzanalysen (χ^2-Test nach Pearson) durchgeführt (Backhaus et al. 2011).
Die Ergebnisse der Aufgaben [3] und [6] (s. Tab. 1 und Tab. 2) sollen hier exemplarisch für die Ergebnisse aller Kontaminations- und Bestrahlungsaufgaben stehen.

Die wissenschaftlich korrekten Aussagekombinationen sind **fett** hervorgehoben.

1a.	Der Patient enthält *Strahlung.*	Der Patient enthält *keine Strahlung.*	***Gesamt***
Der Patient enthält radioaktive Teilchen.	374 (76,3)	**45 (9,2)**	419 (85,5)
Der Patient enthält *keine* radioaktiven Teilchen.	41 (8,4)	30 (6,1)	71 (14,5)
Gesamt	415 (84,7)	75 (15,3)	490 (100)
$\chi^2 > 46{,}511$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .308$			

1b.	Der Patient ist radioaktiv.	Der Patient ist *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Der Patient enthält Strahlung.	325 (66,3)	90 (18,4)	415 (84,7)
Der Patient enthält *keine* Strahlung.	**37 (7,6)**	38 (7,7)	75 (15,3)
Gesamt	362 (73,9)	128 (26,1)	490 (100)
$\chi^2 > 27{,}643$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .283$			

1c.	Der Patient ist radioaktiv.	Der Patient ist *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Der Patient enthält radioaktive Teilchen.	**347 (70,8)**	72 (14,7)	419 (85,5)
Der Patient enthält *keine* radioaktiven Teilchen.	15 (3,1)	56 (11,4)	71 (14,5)
Gesamt	362 (73,9)	128 (26,1)	490 (100)
$\chi^2 > 119, 721$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .494$			

Tabellen 1 a-c: Kreuztabellierung am Aufgabenbeispiel Szintigraphie [3]

Deskriptivstatistisch lässt sich den Kreuztabellen zur Aufgabe [3] entnehmen, dass das Gros der Schüler*innen (419, 85,5 %) wissenschaftlich korrekt annimmt, dass ein Patient infolge einer szintigraphischen Untersuchung *radioaktive Teilchen enthält*. Von jenen die annehmen, dass der Patient infolge der Untersuchung *radioaktive Teilchen enthält*, geben 347 Schüler*innen ebenfalls richtig an, dass der Patient dementsprechend auch als *radioaktiv* bezeichnet werden kann. Das entspricht einem prozentualen Anteil bezogen auf die Gesamtzahl gültiger Schülerantworten von 70,8% (s. Tab 1a u. 1c).
Allerdings geht aus den Kreuztabellen der Aufgabe [3] auch hervor, dass ein sehr hoher prozentualer Anteil der Schüler*innen, nämlich 85,7 %, den Aussagen zustimmt, ein Patient würde infolge einer szintigraphischen Untersuchung *viel oder wenig Strahlung enthalten* und das, obwohl diese Aussagen fachlich inkorrekt sind (s.Tab. 1a). Dieser Anteil ist unter jenen,

die angeben, dass der Patient infolge der szintigraphischen Untersuchung radioaktive Teilchen enthält, höher, nämlich 89,3 % (374 von 419 Schüler*innen).
Die Ergebnisse der Kreuztabellen für die Aufgabe [6] Füllstandsmessung zeigen ein sehr ähnliches Bild wie das oben beschriebene (s.Tab. 2a-c).

Die wissenschaftlich korrekten Aussagekombinationen sind **fett** hervorgehoben.

2a.	Die Flüssigkeit enthält Strahlung.	Die Flüssigkeit enthält *keine* Strahlung.	***Gesamt***
Die Flüssigkeit enthält radioaktive Teilchen.	93 (75,6)	7 (5,7)	100 (81,3)
Die Flüssigkeit enthält *keine* radioaktiven Teilchen.	13 (10,6)	**10 (8,1)**	23 (18,7)
Gesamt	106 (86,2)	17 (13,8)	123 (100)
$\chi^2 > 20{,}890$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .412$			

2b.	Die Flüssigkeit ist radioaktiv.	Die Flüssigkeit ist *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Die Flüssigkeit enthält Strahlung.	89 (72,4)	17 (13,8)	106 (86,2)
Die Flüssigkeit enthält *keine* Strahlung.	3 (2,4)	**14 (11,4)**	17 (13,8)
Gesamt	92 (74,8)	31 (25,2)	123 (100)
$\chi^2 > 34{,}177$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .527$			

2c.	Die Flüssigkeit ist radioaktiv.	Die Flüssigkeit ist *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Die Flüssigkeit enthält radioaktive Teilchen.	85 (69,1)	15 (12,2)	100 (81,3)
Die Flüssigkeit enthält *keine* radioaktiven Teilchen.	7 (5,7)	**16 (13,0)**	23 (18,7)
Gesamt	92 (74,8)	31 (25,2)	123 (100)
$\chi^2 > 29{,}534$; df = 1; $p < .001$; $\varphi = .490$			

Tabellen 2 a-c: Kreuztabellierung am Aufgabenbeispiel Füllstandsmessung [6]

Für die Variablenpaare der Aufgaben [3] und [6] verweist der χ^2-Test nach Pearson auf statistisch signifikante Zusammenhänge ($\chi^2 > 3{,}84$; df = 1; $p < .05$). Die ermittelten Werte für den Phi-Koeffizienten (φ) liegen zwischen .283 und .527 und deuten nach Heise (2009, 58) auf mittlere bis starke Zusammenhänge hin.
Ähnliche Ergebnisse zeigen auch die Kreuztabellierungen und Kontingenzanalysen für die anderen sechs Aufgaben (ohne tabellarische Auflistung).

Interpretation und Fazit

Der von uns entwickelte Fragebogen hat sich zum wiederholten Male als geeignet erwiesen, um konzeptuelle Zusammenhänge zwischen Strahlung, Radioaktivität und radioaktivem Material systematisch zu untersuchen (Schrader & Bolte 2018).
Die Ergebnisse unserer Hauptstudie bestätigen die Befunde vorangegangener Untersuchungen mit kleineren Stichproben (s. o.), wonach Schüler*innen undifferenzierte Vor-stellungen von Radioaktivität, Strahlung und radioaktiver Materie haben. Unsere Ergebnisse belegen, dass die Vorstellungen „etwas enthält radioaktive Teilchen“, „etwas enthält Strah-lung“ und „etwas ist radioaktiv“ statistisch signifikant miteinander assoziiert sind. Jedoch zeigen unsere Analysen auch, dass die Schüler*innen nicht zuverlässig zwischen Kontami-nation und Bestrahlung unterscheiden sowie die fachlich inkorrekte Formulierung „etwas enthält Strahlung“ häufig verwenden. Darüber hinaus bringen unsere Ergebnisse zum Vorschein, dass Schüler*innen von Gymnasien und Integrierten Sekundarschulen sich hinsichtlich ihrer Performanz kaum unterscheiden (Schrader, in Arbeit).

Literatur

Backhaus K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (2011): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin Heidelberg: Springer, 13. Auflage.

Boyes, E. & Stanisstreet, M (1994): Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science and Technological Education, 12 (2), 145-160

Cooper, S., Yeo, S. & Zadnik, M. (2003): Australian students' views on nuclear issues: does teaching alter prior beliefs? In: Physics Education, 38 (2), 123-129.

Eijkelhof, H. M. C. (1990): Radiation and Risk in Physics Education. Utrecht: CDBeta Press.

Eijkelhof, H., Klaassen, K., Lijnse, P., & Scholte, R. L. J. (1990): Perceived Incidence and Importance of Lay-Ideas on Ionizing Radiation: Results of a Delphi-Study among Radiation-Experts. In: Science Education, 74 (2), 183-195.

Heise, M. (2009): Heise, Maren (2009): Informelles Lernen von Lehrkräften. Ein Angebots-Nutzung-Ansatz. Münster: Waxmann.

Millar, R. (1994): School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. In: Public Understanding of Science, 3, 53–70.

Pfundt, H. & Duit, R. (2009): Bibliography - Students alternative frameworks and science education. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften

Schrader, N., & Bolte, C. (2018): Vorstellungen vom Unsichtbaren – Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. In: Maurer, C. (Hg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physik-unterricht- normative und empirische Dimensionen. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Universität Regensburg, 780-783.
(http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_780_Schrader.pdf (Stand und Zugriff: 27.07.2018 – 12:00 Uhr)

Schrader, N. (in Arbeit): Entwicklung und Einsatz eines Testinstruments zur Analyse des konzeptuellen Verständnisses und der Risikowahrnehmung von Schüler*innen im Themenfeld Radioaktivität. Freie Universität Berlin (Dissertationsschrift). Erscheint voraussichtlich im Herbst 2020.

Johanna H. Ratzek
Sören Schlei
Dietmar Höttecke

Universität Hamburg

Förderung von Bewertungskompetenz durch Reflexion

Komplexe Herausforderungen wie bspw. die Sicherstellung der Energieversorgung vor dem Hintergrund des Klimawandels erfordern bewusste Entscheidungen und Urteile. Bewertungskompetenz – verstanden als die Fähigkeit unter Zuhilfenahme naturwissenschaftlichen Wissens Urteile und Entscheidungen zu treffen – ist gerade in der gegenwärtigen Zeit wichtig. Sie befähigt zur reflektierten und begründeten Entscheidungsfindung in Fragen mit einem naturwissenschaftlich-technischen Bezug und ist notwendig für die Partizipation an gesellschaftlichen Diskursen (Dittmer et al., 2016; Eggert & Bögeholz, 2009; Reitschert & Hößle, 2007; Sander & Höttecke, 2018). Die Förderung von Bewertungskompetenz im Physikunterricht steht im Zentrum dieses Projekts und der Beitrag präsentiert vorbereitende Ergebnisse einer 2x2-Interventionsstudie, bei der Reflexion und die Rahmenbedingungen der behandelten Entscheidungssituation die unabhängigen Variablen bilden. Im Mittelpunkt der Erprobung einer der Unterrichtsvarianten stand die Frage: *Wie nehmen Schüler*innen das unterrichtliche Angebot zur Reflexion ihrer Entscheidungsprozesse in einem Physikunterricht an?*

Bewertungsprozess und Reflexion

Der Bewertungsprozess (siehe Abb. 1) wird in diesem Projekt im Anschluss an sogenannte 2-Prozess Modelle aus der Psychologie verstanden (z. B. Kahneman, 2012), die einen langsamen, bewussten und einem unbewussten, schnellen Prozess der kognitiven Verarbeitung voneinander unterscheiden.

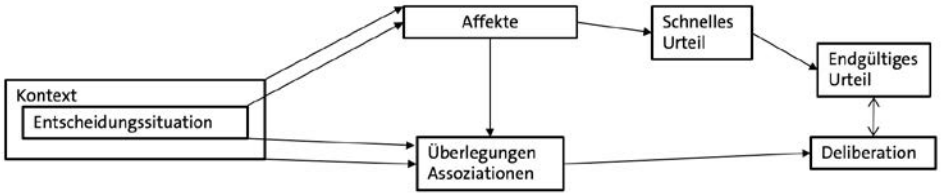


Abbildung 1: Prozessmodell des Bewertens (angelehnt an Kraft et al., 2015, S. 126). Der obere Strang steht für eine unbewusste, schnelle Urteilsfindung, der untere Strang für eine langsame, bewusste Urteilsfindung. Der senkrechte Pfeil symbolisiert den Einfluss von Affekten.

Jede Bewertung hat ihren Ursprung in einer entscheidungsbedürftigen Situation („Entscheidungssituation“), die bestimmte Merkmale aufweist und in einen Kontext eingebettet ist. Bei einer unbewussten, schnellen Urteilsfindung (oberer Strang) werden bei der Konfrontation mit der Situation im Entscheidenden unmittelbare, meist unbewusste, Affekte ausgelöst, die auf bisherigen Erfahrungen mit Merkmalen der Entscheidungssituation beruhen. Es folgt ein schnelles Urteil, das auch das endgültige, nur noch post-hoc begründete, Urteil bildet. Im Gegensatz dazu wägt der Entscheidende bei einer bewussten Urteilsfindung (unterer Strang) Überlegungen und Assoziationen, die im Zusammenhang mit Merkmalen der Situation stehen, gegeneinander ab und kommt auf Basis dessen zu einem begründeten Urteil. Das Modell betont, dass die beiden Verarbeitungsmodi nicht strikt trennbar sind, sondern die bewusst gegeneinander abgewogenen Assoziationen durch die ersten Affekte verzerrt sind

(Pfeil) und gerade die Überlegungen im Bewertungsprozess Gewicht haben, die die ersten Affekte stützen.
Aufgrund der, meist unbewussten, Beeinflussung durch Intuitionen und Erfahrungen greift zur Förderung das Lernen kognitiv aufwendiger Entscheidungsstrategien zum rationalen Abwägen verschiedener Optionen zu kurz (Sander & Höttecke, 2018). Vielmehr ist ein Verständnis für eigene Entscheidungsprozesse sowie für das Wirken von Intuitionen und unbewussten Affekten bei der Förderung von Bewertungskompetenz entscheidend. Dies kann durch die Methode der Reflexion unterstützt werden (Dittmer et al., 2016; Sander & Höttecke, 2018), die auch Teil von Kompetenzmodellen zur Bewertungskompetenz ist (z. B. Reitschert & Hößle, 2007; Eggert & Bögeholz, 2006; Hostenbach et al., 2011).
Reflexion meint in diesem Projekt den meta-kognitiven Prozess, bei dem das eigene Bewertungsverhalten rückblickend bewusst und kritisch betrachtet wird, um daraus für das Handeln in späteren Bewertungssituationen zu lernen (angelehnt an Abels, 2011, S. 96; Wischmann, 2015, S. 31). Reflektieren zeichnet sich durch einen Blick aus der „Vogelperspektive“ auf eigenes Entscheiden aus, um dieses verstehen und langfristig moderieren zu können, anstatt der Intuition zu folgen. Empirische Studien verweisen unter anderem auf die beiden Gütekriterien Reflexionstiefe und -breite. Erstere beschreibt, inwieweit eine Auseinandersetzung über eine Beschreibung hinausgeht und letztere bezieht sich auf die inhaltlichen Ebenen, die in der Tiefe betrachtet werden (Szogs et al., 2019).

Das Unterrichtsangebot zur Reflexion
Im Zentrum der erprobten Unterrichtsvariante stand eine Entscheidungssituation aus der Lebenswelt der Schüler*innen und deren Reflexionen ihres Umgangs mit dieser Situation. Im Unterrichtsverlauf bearbeiteten die Schüler*innen zunächst schriftlich eine Entscheidungssituation, in der es um den Kauf eines Handys unter Berücksichtigung verschiedener Attribute ging, z. B. Strahlungswert und Preis. Darauf folgte das Lernen von Entscheidungsstrategien und das Angebot einer Reflexionsmethode. Für letzteres wurden, angelehnt an eine bestehende vierstufige Reflexionsoperationalisierung (Abels, 2011), Reflexionsfragen formuliert, die sich explizit auf die Betrachtung von Entscheidungsprozessen bezogen. Intendiert war, dass die Schüler*innen durch die deliberative Beantwortung der vier Fragen jeweils eine bestimmte Reflexionstiefe erreichen würden. Im Unterricht wurden die Fragen hierarchisch präsentiert und durch eine fiktive Reflexion illustriert. Dem schloss sich eine Übung zum Reflektieren an und zuletzt wurde die eigene Bearbeitung der Situation Handykauf schriftlich reflektiert.

Auswertung
Die schriftlichen und mündlichen Äußerungen der Schüler*innen wurden aufgenommen bzw. eingesammelt, transkribiert und mithilfe strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2015). Zugrunde gelegt wurde ein deduktives Kategoriensystem, das auf der gleichen Reflexionsoperationalisierung basierte wie die o.g. Fragen und in aufsteigender Folge die Tiefen *Beschreibung, Begründung, Kritik* und *Diskussion* umfasste (Schlei, 2019). Während der Analyse wurden die Tiefen *Begründung* und *Kritik* induktiv ergänzt und in eine inhaltliche und eine prozessbezogen-strukturelle Ebene differenziert. Erstere bezog sich auf spezifische inhaltliche Elemente des Entscheidungsprozesses (z. B. Attribute, Optionen) und letztere umfasste strukturelle Aspekte, wie Entscheidungsstrategien oder den Einbezug von Erfahrungen.

Ergebnisse
Es konnten in den Schüleraussagen Indikatoren für das Anregen von Reflexion bezüglich eigener Entscheidungsprozesse identifiziert werden, bei einer Vielzahl der Schüler*innen sogar Aussagen im Bereich der Reflexionstiefe *Kritik*. Kritisch ist jedoch Folgendes

anzumerken: Die Annahme oder Ablehnung von Alternativen auf der Stufe der Kritik wurde *selten begründet* (1); es entstand jedoch der Eindruck, dass dies die Reflexion vertieft hätte. Mehrheitlich bestand die Reflexion aus einer *kurzen Beantwortung jeder Reflexionsfrage* (2). Gedacht waren die Fragen als Anregung eines Reflexionsprozesses und nicht als isoliert voneinander zu beantwortende Fragen, dies konnte das Angebot nicht leisten. Zuletzt zeigte sich eine *Dominanz von Reflexionen auf inhaltlicher Ebene gegenüber der prozessbezogen-strukturellen Ebene* (3). Insgesamt ergab sich aus diesen Kritikpunkten die Notwendigkeit der Überarbeitung des Angebots zur Reflexion für die Hauptstudie. Die Quelle der Kritik (1) und (3) liegt vermutlich in der Formulierung der Fragen, die keine Begründung forderten und sich oft auf die inhaltliche Ebene bezogen. Die hierarchische Einführung der Fragen könnte ursächlich für ihre verkürzte, schematische Beantwortung (2) sein.

Überarbeitung des Angebots zur Reflexion für die Hauptstudie

Vor dem Hintergrund der Kritikpunkte wird in der Hauptstudie das Angebot zur Reflexion für die Schüler*innen verändert. Das Modell der Reflexionstiefe, auf dem das Angebot basiert, wurde auf der Basis des Modells von Nowak et al. (2019) erweitert. Es lässt auf jeder Ebene der Reflexionstiefe Begründungen als zusätzliches Element zu. Es ergeben sich die Ebenen (Abb. 2): *Beschreibung* und Begründung des eigenen Bewertens; die Schilderung der Zufriedenheit mit dem eigenen Vorgehen, also eine *Bewertung* und Begründung; das Beschreiben und Begründen eines *alternativen Vorgehens* beim Bewerten; das Beschreiben und Begründen von *Gemeinsamkeiten und Unterschieden* zwischen dem eigenen Bewertungsprozess und der alternativen Bearbeitung[1]; das Beschreiben und Begründen möglicher *Konsequenzen* aus der Reflexion für den Entscheidenden und/oder die Gesellschaft. Die Begründungen sind jeweils optionales und nicht verpflichtendes Element.

Abbildung 2: Modell der Reflexionstiefe in der Hauptstudie

Auch die Einbindung des Reflexionsangebots in den Unterrichtsablauf wird insofern geändert, als dass zunächst in einem Gespräch an die eigenen Erfahrungen der Schüler*innen mit Reflexion angeknüpft wird. Darauf aufbauend soll ein Verständnis von Reflexion als Prozess entwickelt werden, bei dem man aus der „Vogelperspektive“ auf sich selbst blicken lernt. Dem schließt sich die Auseinandersetzung mit einem fiktiven Dialog an, in den verschiedene reflexive Fragen integriert und die im Einklang mit dem zugrundeliegenden Modell formuliert sind. Anhand des Dialogs und der Fragen sollen die Schüler*innen ein Verständnis für den Reflexionsprozess und unterstützende Fragen entwickeln, woraufhin sie das Reflektieren üben und zum Abschluss auf ihre eigene Bearbeitung der eingangs bearbeiteten Entscheidungssituation anwenden.

Fazit

Wie aus den vorangegangenen Abschnitten deutlich wurde, konnten Reflexionen bezüglich eigener Entscheidungsprozesse bei Schüler*innen durch unser Angebot angeregt werden. Da manche Aspekte der Reflexionen kritisch zu sehen waren, wurde auf der Basis eines anderen Reflexionsmodells das Modell, das der Anregung von Reflexion in der Hauptstudie zugrunde liegt, erweitert. Des Weiteren wird in der Hauptstudie stärker der Prozesscharakter des Reflektierens betont und an Erfahrungen der Schüler*innen zu diesem Thema angeknüpft.

[1] Diese Ebene der Reflexionstiefe ist im Modell von Nowak et al. (2019) nicht enthalten. Sie wurde hinzugefügt, um den Schüler*innen das Erreichen der höchsten Ebene zu erleichtern.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als "Reflective Practitioners". Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D., Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte für Forschung und Lehre. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22 (1), 97-108

Eggert, S., Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 177-197

Eggert, S., Bögeholz. S. (2009). Students' Use of Decision-Making Strategies With Regard to Socioscientific Issues: An Application of the Rasch Partial Credit Model. Science Education, 94 (2), 230-258

Hostenbach, J., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., Walpuski, M, Kauertz, A. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 289-313

Kahneman, D. (2012). Schnelles Denken, langsames Denken. München: Siedler Verlag

Kraft, P., Lodge, M., Taber, C. (2015). Why People „Don't Trust the Evidence": Motivated Reasoning and Scientific Beliefs. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science, 658, 121-133

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In: Maurer, C. (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP Jahrestagung in Kiel 2018, 838-841

Reitschert, K., Hößle, C. (2007). Wie Schüler ethische bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 125-143

Sander, H., Höttecke, D. (2018). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24 (1), 83-98

Schlei, S. (2019). Die Bedeutung von Reflexion beim Bewerten-Lernen. Eine Pilotierungsstudie. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Hamburg

Szogs, M., Kobl, C., Volmer, M., Korneck, F. (2019). Bedeutsamkeit von Reflexion und Reflexivität in der Professionalisierung von Lehrkräften sowie ihre Beziehung zu anderen Prozessen und Konstrukten. In: Maurer, C. (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP Jahrestagung in Kiel 2018, 317-320

Wischmann, F. (2015). Mentoring im fachbezogenen Schulpraktikum: Analyse von Reflexionsgesprächen. Dissertation Universität Bremen

Michael Szogs
André Große
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wie bedingen sich die Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte?

Theoretischer und empirischer Hintergrund

Das Unterrichten und Reflektieren sind, neben dem Planen von Unterricht, die zentralen Handlungsbereiche von Lehrpersonen. Dabei ist die Gestaltung von Unterricht, der das Ziel hat, ein positives Outcome bei den Schüler*innen zu erreichen, der Kulminationspunkt des Lehrer*innenhandelns (Kunter & Ewald, 2016; Helmke, 2012). Reflektieren dient einer Lehrperson zur Analyse ihrer Erfahrungen und stellt eine Brücke zwischen ihrem Wissen und Handeln dar (Korthagen, 2002; Alonzo, Berry & Nilsson, 2019). Die Reflexivität – nach Heiner (2004) die Bereitschaft und Fähigkeit einer (Lehr)person zur Reflexion – ist somit ein zentraler Motor in ihrer Professionalisierung (Schön, 1983; Vermont, 2014).
Bisherige Befunde zeigen, dass Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität in größerer Breite und Tiefe reflektieren (Wyss, 2013). Zudem korrelieren die Unterrichtsqualität und die Selbstwirksamkeitserwartung zur Reflexion bei Referendar*innen positiv (Linninger, 2013). Systematische Befunde zur Entwicklung von Unterrichtsqualität stehen aus (Linninger, 2013; Fat'hi & Bezhadpour, 2011).

Fragestellungen und Hypothesen

Dieser Beitrag hat zum Ziel, durch die folgenden zwei Fragestellungen Gelingensbedingungen für die Förderung der Entwicklung professioneller Kompetenz und professionellen Handelns bei (angehenden) Lehrpersonen zu identifizieren:

1. Welchen Einfluss haben Reflexionen auf eine unmittelbare Veränderung der Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte?
2. Welchen Zusammenhang haben Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte in realen Handlungssituationen?

In Bezug auf die erste Fragestellung wird davon ausgegangen, dass eine erhöhte Tiefe von Unterrichtsreflexionen sowie ein erhöhter Anteil von Begründungen und Perspektivwechsel zukünftiges Unterrichtshandeln positiv bedingt. Bei der zweiten Fragestellung, welche die Zusammenhänge auf Individualeben beleuchtet, wird eine positive Interdependenz der beiden Handlungsfelder erwartet, nach der sich Lehrpersonen mit positiver Ausprägung des unterrichtlichen Handelns stärker und adäquater an Reflexionen beteiligen. Zum einen greifen die beiden Handlungsfelder auf verwandte Bereiche des individuellen Wissens und Könnens (personal PCK) zurück (Carlson & Daehler, 2019). Zum anderen baut das Unterrichten und Reflektieren im Handlungsprozess aufeinander auf. Lehrpersonen mit höherer Unterrichtserfahrung können lernrelevante Unterrichtssituationen besser erkennen, worauf sie ihre Reflexion aufbauen (Sherin & Van Es, 2005). Diese können wiederum zukünftiges Unterrichtshandeln positiv bedingen (Schön, 1983).

Methode

Das Forschungsprojekt ist an ein Microteaching-Seminar gekoppelt, in dem angehende Physiklehrkräfte Unterrichtsminiaturen (12 Minuten) planen und im Rahmen von Unterrichtstagen an kooperierenden Schulen mit unterschiedlichen Klassenhälften zweimalig unterrichten. Hierbei unterrichten zunächst fünf Teilnehmer*innen in den ersten beiden Schulstunden nacheinander. In der dritten und vierten Stunde werden die fünf Unterrichtsminiaturen

von jeweils zehn Teilnehmer*innen und zwei Dozierenden kollegial reflektiert (ca. 15-20 Minuten pro Miniatur). Die Reflexionen haben das Ziel Handlungsalternativen für die weiteren Unterrichtsversuche zu entwickeln, die unmittelbar in der fünften und sechsten Schulstunde erfolgen (Korneck et al., 2016).

Die Lehrpersonen werden in beiden Performanzsituationen videografiert, um das beim Unterrichten und Reflektieren gezeigte Lehrer*innenhandeln beschreiben und bewerten zu können. Zur Analyse des Unterrichts findet ein hoch-inferentes Rating beider Unterrichtsminiaturen der Teilnehmer*innen nach den Basisdimensionen der Unterrichtsqualität (Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Voss, 2011) und zusätzlicher fachlicher Qualitätsmerkmale statt, sodass sie in den fünf Dimensionen fachliche Qualität (FQ), kognitive Aktivierung (KA), strukturelle konstruktive Unterstützung (KU:S), affektive konstruktive Unterstützung (KU:A) und Klassenführung (KF) eingeschätzt werden. Zur direkten Bewertung der Reflexionsqualität in einer realen Handlungssituation existiert bisher kein Instrument. Deshalb wird im vorliegenden Projekt das gezeigte Verhalten hinsichtlich unterschiedlicher Bereiche kodiert, um es möglichst präzise abzubilden und so Schlüsse auf die Qualität der Reflexion und der ihr zugrundeliegenden Reflexivität zu ermöglichen. Hierzu wird jede Aussage hinsichtlich ihres Inhalts (47 Kategorien), ihrer Tiefe (6 Kategorien), getätigten Perspektivwechseln (3 Kategorien) und Begründungen (5 Kategorien) kodiert. Zur Auswertung der Reflexionen (1. Fragestellung) werden die Aussagen der Reflexion als Ganzes untersucht und zunächst nicht zwischen den zwölf beteiligten Personen unterschieden. Zur Auswertung des individuellen Handelns der Teilnehmer*innen in den Reflexionen (2. Fragestellung) werden die individuellen Aussagen der zehn Reflexionen analysiert, in denen sie beteiligt waren.
Die bisherige Stichprobe umfasst die Reflexionen 35 angehender Physiklehrkräfte (Studierende für das Lehramt an Haupt- und Realschulen, Studierende für das Lehramt an Gymnasium sowie gymnasiale Referendar*innen).

Ergebnisse und Diskussion
Bei den 35 Seminarteilnehmer*innen lässt sich in der Unterrichtsqualität zwischen den beiden Unterrichtsdurchgängen tendenziell eine Verbesserung beobachten (d=.44), die vor allem auf die Basisdimensionen KA, KU:S und KF zurückzuführen ist. Dabei zeigt etwas mehr als die Hälfte der Lehrpersonen eine positive Entwicklung, ein Drittel stagniert tendenziell und etwa ein Zehntel weist eine Verminderung in ihrer Unterrichtsqualität auf.

In den 35 Reflexionsgesprächen können circa 3500 Einzelaussagen unterschieden werden. Inhaltlich beziehen sich fast zwei Drittel der Aussagen auf die Unterrichtsqualität (12% FQ, 12% KA, 20% KU:S, 9% KU:A und 6% KF), ein Viertel der Aussagen beinhaltet weitere didaktische und methodische Überlegungen, die übrigen entfallen auf sonstige Inhalte. Explizit wird die (eigene) Professionalisierung mit .37% nur in Ausnahmen thematisiert. Bezüglich der Reflexionstiefe sind alle Aussagearten vertreten: 5% Rückfragen, 19% Beschreiben, 26% Interpretieren, 11% positive und 19% negative Rückmeldungen sowie 20% Handlungsoptionen. Begründungen werden bei etwa 4,5% der Aussagen angebracht. Ein Wechsel auf die Schüler*innenperspektive wird bei 9% der Aussagen eingenommen.
In allen Bereichen der Kodierung (Inhalt, Reflexionstiefe, Begründung und Perspektivwechsel) zeigt sich sowohl im Vergleich der einzelnen Reflexionen (1. Fragestellung) als auch im Vergleich der individuellen Reflektierenden (2. Fragestellung) eine substanzielle Varianz.

Zur Klärung der ersten Fragestellung sei zunächst untersucht, welchen Einfluss die Tiefe der Reflexionen auf die Unterrichtsqualität der folgenden Reflexionen hat. Einen positiven Einfluss zeigt ein erhöhter Anteil an Aussagen mit Rückfragen (die signifikanten Korrelationskoeffizienten der fünf untersuchten Unterrichtsqualitätsdimensionen liegen zwischen .24 und .40) sowie Interpretationen (.30<r<.46). Einen negativen Einfluss zeigen Aussagen, die den Unterricht beschreiben (-.26<r<-.32) oder Handlungsoptionen beinhalten (-.34<r<-.43). Positive und negative Aussagen sind ohne gerichteten Effekt. Demnach scheinen Reflexionen besonders dann fruchtbar zu sein, wenn die Unterrichtsanalysen diskutiert und abgewogen werden. Dahingegen können Reflexionen dann hinderlich sein, wenn der Unterricht lediglich nacherzählt wird oder der*die Unterrichtende mit Ideen „bombardiert“ wird (im Extremfall bestand eine Reflexion zu 30% aus formulierten Handlungsoptionen).
Je höher der Anteil an Aussagen einer Reflexion ist, denen eine Begründung zugrunde gelegt wird, desto positiver ist die Entwicklung der Unterrichtsqualität (.22<r<.39). Dabei sind vor allem höher elaborierte Begründungen wirksam, wobei die Korrelationskoeffizienten für strategische Begründungen zwischen .33 und .39 und für empirische/theoriebasierte Begründungen zwischen .33 und .37 liegen. Das Einnehmen der Schüler*innenperspektive zeigt keinen Einfluss auf die Unterrichtsqualität des Folgeunterrichts.
Die Hypothesen zur ersten Fragestellung können bestätigt, müssen jedoch differenziert werden. Während der Anteil an Begründungen bereits einen Prädiktor für die Veränderung der Unterrichtsqualität darstellt, gilt es bezüglich des Perspektivwechsels auch dessen Qualität zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Reflexionstiefe scheint nicht „je tiefer desto besser“ zu gelten, sondern ein adäquates Zusammenspiel der Prozesselemente notwendig zu sein.

Die zweite Fragestellung beleuchtet den Zusammenhang zwischen Unterrichtsqualität und dem Verhalten der Teilnehmer*innen in den Reflexionen auf Individualebene. Hier ist zunächst zu beobachten, dass sich Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität deutlich stärker an den Reflexionen beteiligen. Die Korrelationskoeffizienten zu den fünf Unterrichtsqualitätsdimensionen liegen hier zwischen .28 und .50. Weiterhin geht eine hohe Unterrichtsqualität mit einem geringeren Anteil beschreibender bzw. nacherzählender Aussagen (.22<r<.33), einem höheren Anteil interpretierender Aussagen (.33<r<.41), positiver Aussagen (.32<r<.54) sowie formulierter Handlungsoptionen (.24<r<.38) einher. Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität reflektieren Unterricht demnach in einer adäquateren Tiefe. Auch bezüglich des Anteils begründeter Aussagen zeigt sich ein positiver Zusammenhang (.24<r<.48). Das Einnehmen von Schüler*innenperspektiven ist ohne Zusammenhang zu den individuellen Ausprägungen der Unterrichtsqualitätsdimensionen der Reflektierenden.
Insgesamt lässt sich die Hypothese der positiven Interdependenz beider Handlungsfelder dennoch bestätigen.

Ausblick

Zur weiteren Sicherung der Ergebnisse wird eine Erhöhung der Stichprobengröße auf 50 Lehrpersonen angestrebt. Zusätzlich befindet sich aktuell ein Ratingverfahren in Planung, bei dem die Reflexionsqualität unmittelbar und hoch-inferent bewertet werden soll. Bisher wurden sämtliche Daten zur Beschreibung der Reflexionen auf Basis eines qualitativen Zugangs gewonnen. Die Erhebungsdaten haben somit eine gute Eignung zur Charakterisierung der reflexiven Prozesse, lassen jedoch nur indirekt auf die Qualität der Reflexionen schließen. Beim Ratingverfahren sollen die bisher erfassten Merkmale der Reflexion unmittelbar quantitativ und somit deutlich zeitökonomischer erfasst werden. Darüber hinaus lassen sich weitere Tiefenstrukturmerkmale der Reflexion beurteilen, die bei einer Kodierung nicht erschlossen werden können, wie z. B. die Bewertung, ob die Aussagen der Reflexion sich auf für die Schüler*innen lernrelevante Aspekte beziehen (Große, Szogs & Korneck, in diesem Band).

Literatur

Alonzo, A. C., Berry, A. & Nilsson, P. (2019). *Unpacking the Complexity of Science Teacher's PCK in Action: Enacted and Personal PCK.* In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science (271-286). Singapore: Springer Singapore.

Carlson, J. & Daehler, K. R. (2019). *The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science (pp. 77–92). Singapore: Springer Singapore.

Heiner, M. (2004). *Professionalität in der sozialen Arbeit. Theoretische Konzepte, Modelle und empirische Perspektiven*. Stuttgart: Kohlhammer.

Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (4. Auflage). Franz Emanuel Weinert gewidmet. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.

Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. Zeitschrift für Pädagogik, 54 (2), 222–237.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). *Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts.* In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S. 174-197). Weinheim: Beltz Juventa.

Korthagen, F. (2002). *Eine Reflexion über Reflexion.* In F. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), Schulwirklichkeit und Lehrerbildung (S. 55-73). Hamburg: EB-Verlag.

Kunter, M. & Ewald, S. (2016). *Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie.* In N. McElvany, W. Bos, H. G. Holtappels, M. M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.), Bedingungen und Effekte guten Unterrichts (Dortmunder Symposium der Empirischen Bildungsforschung, Band 1, 1. Aufl., S. 9–31). Münster: Waxmann.

Kunter, M. & Voss, T. (2011). *Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse.* In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 85-114). Münster: Waxmann.

Linninger, C. A. (2016). *Reflexion bei angehenden Lehrkräften: Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess*: Goethe-Universität in Frankfurt am Main.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York: Basic Books.

Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2005). Using Video to Support Teachers' Ability to Notice Classroom Interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 13(3), 475–491.

Vermunt, J. D. (2014). Teacher Learning and Professional Development. In S. Krolak-Schwerdt, S. Glock & M. Böhmer (Eds.), *Teachers' professional development. Assessment, training, and learning* (The future of education research, Volume 03, vol. 20, pp. 79–95). Rotterdam: Sense Publishers.

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften (Empirische Erziehungswissenschaft).

Förderhinweis: "The Next Level – Lehrkräftebildung vernetzt entwickeln" wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert

Thomas Schubatzky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Thomas Wilhelm[3]
Lana Ivanjek[4]
Martin Hopf[4]
Liza Dopatka[5]
Verena Spatz[5]

[1]Universität Graz
[2]Eberhard Karls Universität Tübingen
[3]Goethe-Universität Frankfurt
[4]Universität Wien
[5]TU Darmstadt

Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht

Hintergrund

Ein Amalgam im weiteren Sinne beschreibt eine Mischung aus unterschiedlichen Ideen und Traditionen. Ähnlich verhält es sich auch mit naturwissenschaftlichem Unterricht: Obwohl im gesamten deutschsprachigen Raum und darüber hinaus Anfangs-Elektrizitätslehre unterrichtet wird, liegt dennoch die Vermutung nahe, dass Lehrkräfte unterschiedliche Zugänge zum Elektrizitätslehreunterricht verfolgen. Zudem entwickeln viele Lernende in der Sekundarstufe I kein angemessenes Verständnis von einfachen Stromkreisen (Burde, 2018). An dieser Problemstellung setzt das Projekt „EPo-EKo“ (Wilhelm, Burde, Spatz, Haagen-Schützenhöfer, & Hopf, 2018) an und untersucht einerseits die Effekte eines weiterentwickelten Frankfurter Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells (Burde et al., dieser Band) und einer Kontextorientierung (für die Pilotierung kontextstrukturierter Materialien siehe Dopatka et al., dieser Band) andererseits. In einem ersten Untersuchungsstrang unterrichten dazu teilnehmende Lehrkräfte aus Teilen Österreichs und Deutschland im ersten Projektjahr die Anfangs-Elektrizitätslehre in der Jahrgangsstufe 7 oder 8 „traditionell“, also so, wie sie es auch ohne eine Projektteilnahme machen würden. Im zweiten Projektjahr unterrichten dieselben Lehrkräfte nach dem weiterentwickelten Frankfurter Unterrichtskonzept. Im dritten Jahr werden schließlich kontextstrukturierte Unterrichtsmaterialien in Kombination mit dem Frankfurter Elektronengasmodell eingesetzt. Diese Studie wird im Feldsetting in einem quasi-experimentellen Design durchgeführt. Die Ergebnisse der zwei oben beschriebenen Unterrichtsinterventionen werden mit „traditionellem Unterricht“ im Sinne eines Treatment-Kontrollgruppen-Designs verglichen. Dieser oft zitierte Begriff des traditionellen Unterrichts weist Parallelen zum Begriff des Amalgams auf, zumal folgende Fragen bisher unbeantwortet sind: Gibt es DEN „traditionellen Elektrizitätslehreunterricht“ der am Projekt „EPo-EKo“ teilnehmenden Lehrkräfte überhaupt? Wo liegt der sachstrukturelle Unterschied zwischen diesem traditionellen Unterricht und einem Unterricht auf Basis der in „EPo-EKo“ entwickelten Unterrichtskonzepte? Was bedeutet dieser mögliche Unterschied für die Evaluierungsergebnisse? Welche Hürden ergeben sich dadurch für die Umsetzung in der Schulpraxis und auch für die Akzeptanz der Lehrkräfte?

Um diese Fragestellungen aufzugreifen, wird der Elektrizitätslehreunterricht der Kontrollgruppe im Projekt „EPo-EKo“ aus unterschiedlichen Perspektiven näher beleuchtet. Einerseits soll der Einfluss von Lehrkräftemerkmalen (fachdidaktisches Wissen, Beliefs) auf das fachliche Lernen der Schülerinnen und Schüler untersucht werden. Zudem sollen Ziele und Motive von Lehrkräften für die individuelle Gestaltung ihres Anfangs-Elektrizitätslehreunterrichts identifiziert werden, um so mögliche Akzeptanzhürden aufzudecken. Des Weiteren wird eine Beschreibung des Anfangs-Elektrizitätslehreunterrichts der Lehrkräfte angestrebt, um den Unterricht in der Kontrollgruppe zu kennen.

Als Basis für diese Beschreibung dient das Konstrukt der Sachstruktur, unter der nach Brück-

mann (2009) die sachliche, unter logischen und systematischen Gesichtspunkten gegliederte Struktur der fachlichen Inhalte verstanden wird. Diese bezieht sich (neben weiteren Aspekten) sowohl auf Begriffe, Konzepte, Modelle als auch Prinzipien. Im Zuge des Projektes „EPo-EKo“ steht vor allem die Abfolge von sogenannten fachlichen Inhaltsblöcken, die Relation dieser zueinander und der Einsatz von Analogien im Vordergrund.

Datenerhebung und Stichprobe

Die Datenerhebung im Projekt „EPo-EKo“ findet in Bayern, Hessen und Österreich statt. Die teilnehmenden Lehrkräfte wurden im ersten Projektjahr 2018 gebeten, ihren Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht nach jeder Unterrichtsstunde mithilfe eines vorstrukturierten Unterrichtslogbuches zu dokumentieren. Zusätzlich wurde von jeder Lehrkraft ein möglichst vollständiges Schülerheft nach dem Elektrizitätslehreunterricht zur Verfügung gestellt. Das Unterrichtslogbuch war anhand vorgegebener Kategorien in Tabellenform auszufüllen, um den zusätzlichen Aufwand für die Lehrkräfte möglichst gering zu halten und dadurch eine hohe Ausfülldisziplin zu erreichen. Die für diesen Beitrag relevanten Kategorien des Unterrichtslogbuches sind: (1) Schlüsselbegriffe bzw. Inhalte der Unterrichtsstunde und (2) eingesetzte Modelle/Analogien. Insgesamt konnte für die Analyse zum aktuellen Zeitpunkt auf Logbücher und Schülerhefte von 34 Lehrkräften zurückgegriffen werden. Das durchschnittliche Alter der Lehrkräfte beträgt dabei 40,4 ± 9,9 Jahre mit einem durchschnittlichen Dienstalter von 13 ± 7,5 Jahren. 15 der Lehrkräfte sind weiblich, 19 männlich. Im Durchschnitt unterrichteten die Lehrkräfte ihre traditionelle Anfangselektrizitätslehre rund 17,7 ± 3,6 Unterrichtsstunden.

Datenauswertung und vorläufige Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden die Eintragungen in den Rubriken „Schlüsselbegriffe bzw. Inhalte der Unterrichtsstunde“ sowie „eingesetzte Modelle/Analogien“ digitalisiert. Anschließend wurde im Sinne einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) basierend auf den Einträgen zu „Schlüsselbegriffe bzw. Inhalte“ induktiv ein Kategoriensystem gebildet. War eine Zuordnung der formulierten Schlüsselbegriffe bzw. Inhalte zu einer der Kategorien nicht möglich, wurde zur Explikation der Logbuchnotizen auf die Schülerhefte zurückgegriffen. Mithilfe der Schüleraufzeichnungen, Abbildungen, Experimentieranleitungen und/oder Arbeitsblätter wurde so die Bedeutung der formulierten Schlüsselbegriffe expliziert.

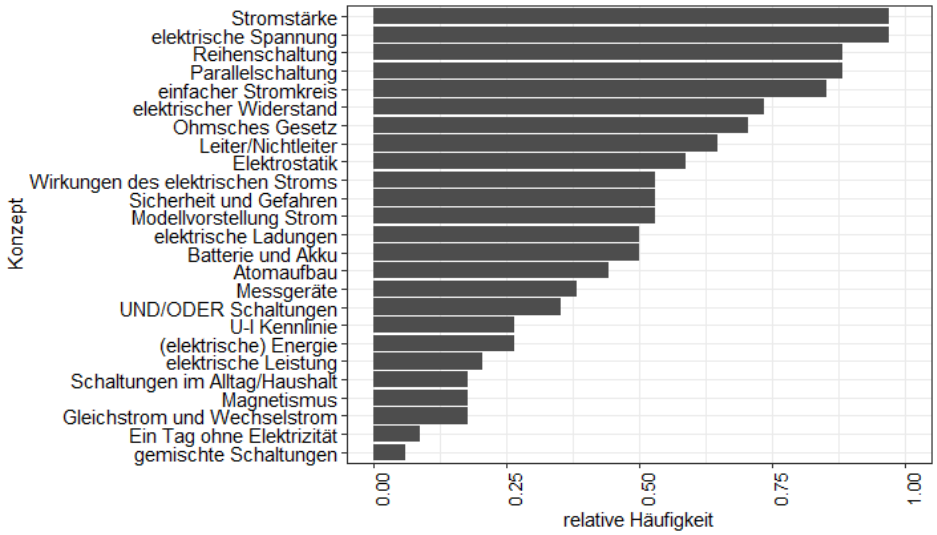


Abb. 1: vorläufige Kategorien der Rubrik „Schlüsselbegriffe und Inhalte" und relative Häufigkeitsverteilung der Kategorien

Anschließend wurden die Unterrichtslogbücher der Lehrkräfte auf Basis des entwickelten Kategoriensystems codiert, wobei eine Gegencodierung durch eine zweite Person zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrages noch aussteht. In Abbildung 1 findet sich eine Übersicht sowohl über die gebildeten Kategorien als auch über die Verteilung ihrer relativen Häufigkeiten. Die Kategorien „Stromstärke“, „elektrische Spannung“ und „elektrischer Widerstand“ beziehen sich dabei auf die systematische Einführung bzw. Definition dieser Größen, die über ihre reine Nennung hinausgeht. Die Kategorie „einfacher Stromkreis“ bezieht sich auf die konkrete Auseinandersetzung mit den Anschlussbedingungen und dem Systemcharakter eines einfachen Stromkreises. Hervorzuheben ist, dass es zwei Lehrkräfte in unserer Stichprobe gibt, die in ihrem Elektrizitätslehreunterricht keine der drei Grundgrößen Stromstärke, Spannung und Widerstand explizit eingeführt haben.
Die analoge Vorgehensweise der Kategorienbildung wurde für die Rubrik „eingesetzte Analogien/Modelle“ angewendet. Insgesamt wurde von 28 der 34 Lehrkräfte mindestens ein Analogiemodell im Unterricht eingesetzt, was einem prozentuellen Anteil von rund 82 % entspricht. Die von den Lehrkräften eingesetzten Analogiemodelle sowie deren Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 2 dargestellt.

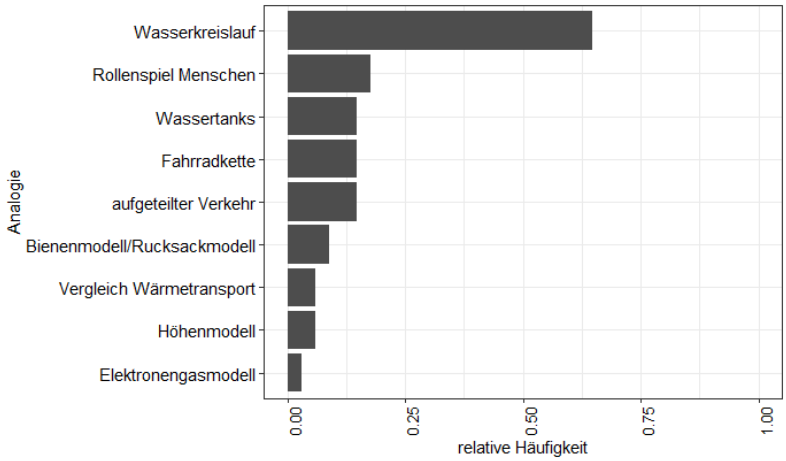


Abb. 2: vorläufige Kategorien der Rubrik "eingesetzte Analogien/Modelle" und relative Häufigkeitsverteilung der Kategorien

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass sich rund 65 % der eingesetzten Analogien auf einen geschlossenen, ebenen Wasserkreislauf beziehen, obwohl die fachdidaktische Forschungslage gegen eine Verwendung dieses Analogiemodells spricht (Burde & Wilhelm, 2018; Schwedes & Schilling, 1983). Die Kategorie „Stäbchenmodell“ bezieht sich auf das ursprünglich von Gleixner (1998) entwickelte Stäbchenmodell, die Kategorie „Elektronengasmodell“ bezieht sich auf das Frankfurter Unterrichtskonzept nach Burde (2018). Die Analyse konnte ebenfalls eine Lehrkraft in dieser Stichprobe identifizieren, die bereits in Teilen nach dem Frankfurter Unterrichtskonzept unterrichtete.

Diskussion und Ausblick

Diese vorläufigen Ergebnisse lassen einen ersten, sehr groben Blick darauf zu, welche Formen „traditioneller Elektrizitätslehreunterricht“ annehmen kann. Insgesamt zeigt sich, dass die teilnehmenden Lehrkräfte sehr unterschiedliche Zugänge zum Elektrizitätslehreunterricht aufweisen, wie bereits die relative Verteilung der Inhalte zeigt. Im Zuge der Umsetzung von Unterricht nach dem EPo-Konzept sind die teilnehmenden Lehrkräfte also nicht nur mit einer neuen Anordnung und Abfolge der fachlichen Inhalte, sondern auch mit einem für sie gänzlich neuen Analogiemodell konfrontiert.

Literaturverzeichnis

Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 94*. Berlin: Logos-Verl.

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*: Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/4726

Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2018). Hilft die Wasserkreislaufanalogie? In T. Wilhelm (Ed.), *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht: Anregungen zu fachgerechten Elementarisierungen* (1st ed.). Seelze: Aulis.

Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial* (Dissertation). LMU, Münchn.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3., überarbeitete Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa. Retrieved from http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779943860

Schwedes, H., & Schilling, P. (1983). Schülervorstellungen zu Wasserstromkreisen. *Physica Didactica*, *10*, 159–170.

Wilhelm, T., Burde, J.-P., Spatz, V., Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung - ein binationales Projekt. In Maurer Christian (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimension* (pp. 772–775).

Jan-Philipp Burde[1]
Thomas Wilhelm[2]
Thomas Schubatzky[3]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[3]
Liza Dopatka[4]
Verena Spatz[4]
Lana Ivanjek[5]
Martin Hopf[5]

[1]Eberhard Karls Universität Tübingen
[2]Goethe-Universität Frankfurt
[3]Karl-Franzens-Universität Graz
[4]Technische Universität Darmstadt
[5]Universität Wien

Lernförderlichkeit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts

Hintergrund

Viele Lernende entwickeln in der Sekundarstufe I kein angemessenes Verständnis von einfachen Stromkreisen. Konzeptionell mit besonders großen Lernschwierigkeiten verbunden ist die elektrische Spannung, die von vielen Schülerinnen und Schülern lediglich als Eigenschaft oder Bestandteil des elektrischen Stroms wahrgenommen wird (Rhöneck, 1986; Maichle, 1982). Zurückgeführt werden diese Lernschwierigkeiten u.a. darauf, dass der Strombegriff den traditionellen Unterricht aus historischen, nicht jedoch didaktischen Gründen zu Lasten einer vertieften Auseinandersetzung mit der Spannung als Potenzialdifferenz dominiert (Gleixner, 1998, S.62). Vor diesem Hintergrund wurde in einer Vorgängerstudie ein neues Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells zu einfachen Stromkreisen entwickelt, das entsprechend den Forderungen von Cohen, Eylon & Ganiel (1983, S. 411) noch vor einer Auseinandersetzung mit dem Strombegriff die elektrische Spannung als Differenzgröße einführt. Eine empirische Evaluation des Unterrichtskonzepts mit 790 Lernenden aus dem Frankfurter Raum hat gezeigt, dass das im Rahmen der Vorgängerstudie entwickelte Unterrichtskonzept zu einem deutlich besseren Verständnis elektrischer Stromkreise führt, was sich u.a. in einem signifikant höheren Lernzuwachs mit einer Effektstärke von d = .94 widerspiegelt. Für eine ausführliche Darstellung der Grundideen des Unterrichtskonzepts und der empirischen Ergebnisse sei an dieser Stelle auf Burde (2018) verwiesen.

Das DBR-Projekt EPo-EKo

Das EPo-EKo-Projekt (Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten) stellt ein internationales Kooperationsprojekt der Physikdidaktiken der Universitäten Wien, Graz, Darmstadt, Frankfurt und Tübingen dar und baut auf den oben beschriebenen Arbeiten von Burde (2018) auf. Im Sinne des für Design-Based Research typischen zyklischen Vorgehens von Entwicklung, Erprobung und Evaluation besteht eines der Ziele der EPo-EKo-Studie darin, das bisherige Frankfurter Unterrichtskonzept weiterzuentwickeln und dessen Lernförderlichkeit im internationalen Rahmen mit einer größeren Stichprobe und einem verbesserten Studiendesign zu evaluieren. Eine detailliertere Beschreibung des EPo-EKo-Projektes findet sich in Wilhelm et al. (2018).

Datenerhebung und Stichprobe

Die Datenerhebung im EPo-EKo-Projekt findet in Wien, Niederösterreich, Steiermark, Hessen und Bayern mittels Vor-, Nach- und Follow-Up-Tests statt. Im Vortest werden neben dem Konzeptverständnis auch das Sach- und Fachinteresse sowie das physikbezogene Selbstkonzept und das verbale und figurale Denkvermögen der Schülerinnen und Schüler erhoben. Im Nachtest sowie dem zehn Wochen nach Ende der Unterrichtseinheit stattfindenden Follow-Up-Test wird aufgrund der angenommenen zeitlichen Stabilität auf eine

wiederholte Erhebung des verbalen und figuralen Denkvermögens zugunsten einer detaillierteren Erhebung des Konzeptverständnisses verzichtet. Hierzu wird auf ein im Rahmen der EPo-EKo-Studie entwickelten Rasch-skalierten, zweistufigen Multiple-Choice-Test zurückgegriffen, der im Anker-Test-Design eingesetzt wird (Ivanjek et al., 2019). Neben den zwölf Anker-Items des Vortests umfassen der Nach- und Follow-Up-Test weitere neun Items zum Konzeptverständnis. Das verbale und figurale Denkvermögen wurde mittels Skalen aus dem Berliner Intelligenzstrukturtest für Jugendliche erhoben, das Sach- und Fachinteresse mit Hilfe von Skalen der PISA-Studie (Frey et al., 2009) und das physikbezogene Selbstkonzept mit Hilfe von Skalen aus der IPN-Studie (Hoffmann et al., 1998).
Nachdem die Lehrkräfte im ersten Projektjahr ihre Klassen traditionell unterrichteten (Kontrollgruppe) und so entsprechende Daten zum traditionellen Unterricht erhoben werden konnten (Burde et al., 2019), unterrichteten die gleichen Lehrkräfte im zweiten Projektjahr ihre Klassen nach dem überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzept (Treatmentgruppe). Die in diesem Artikel vorgestellten Ergebnisse basieren auf einer vorläufigen Stichprobe der Treatmentgruppe, da noch nicht alle Fragebögen aus dem zweiten Projektjahr erfasst werden konnten. Zudem wird sich hier auf eine Analyse der Vor- und Nachtestergebnisse beschränkt.

Tabelle 1: Die vorläufige Stichprobe in Zahlen

	Kontrollgruppe	**Treatmentgruppe**
Erhebungsjahr	2018	2019
SchülerInnen	1083	376
Klassen	55	21
Lehrkräfte	43	19

Vergleich des konzeptionellen Verständnisses

Bei dem zweistufigen Testinstrument zum Konzeptverständnis wurde ein Item nur dann als korrekt gewertet, wenn sowohl die Antwort auf der ersten Stufe als auch die Begründung auf der zweiten Stufe korrekt angegeben wurden. Auf Basis dieser dichotomen Item-Codierung wurde anschließend die Personenfähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Vor- und Nachtest mit Hilfe einer Rasch-Analyse bestimmt. Um den Effekt der Gruppenzugehörigkeit und damit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts genauer bestimmen zu können, wurde anschließend eine Mehrebenenanalyse durchgeführt. Diese ergibt, dass unter Kontrolle aller Vortestergebnisse (fachliches Konzeptverständnis, figurales und verbales Denkvermögen, physikbezogenes Selbstkonzept sowie Sach- und Fachinteresse) sowie des Geschlechts der Lernenden die durchschnittliche Personenfähigkeit in der Kontroll-

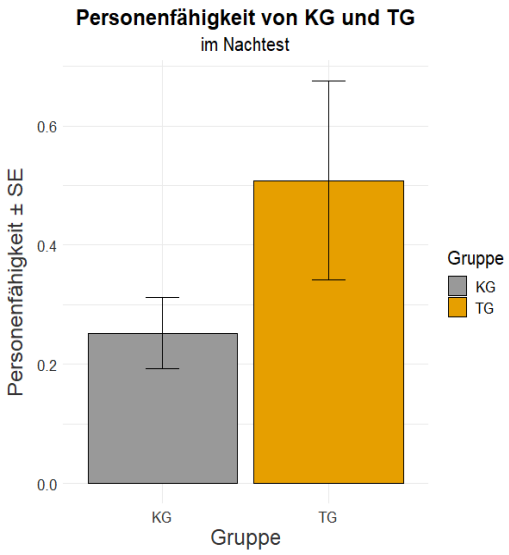


Abb. 1: Vergleich des Konzeptverständnisses in KG und TG nach dem Unterricht. Dargestellt ist die jeweilige mittlere Personenfähigkeit in Logits mit entsprechendem Standardfehler.

gruppe bei 0.25 (SE = 0.06) liegt, während sie in der Treatmentgruppe 0.51 (SE = 0.17) beträgt (vgl. Abb. 1). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant und entspricht einem mittleren Effekt von $d = 0.56$.

Entwicklung des Sach- und Fachinteresses

Neben dem Konzeptverständnis wurden auch affektive Merkmale wie das Sach- und Fachinteresse erhoben und mittels einer Rasch-Analyse unter Verwendung eines Rating-Scale-Modells analysiert. Wie in Abb. 2 dargestellt, entwickelt sich das Sachinteresse in Kontroll- und Treatmentgruppe unterschiedlich (χ^2 (1) = 7.931, p = .005). Während das Sachinteresse in der Kontrollgruppe ansteigt, fällt es in der Treatmentgruppe ab. Ein ähnlicher Befund ergibt sich in Hinblick auf das Fachinteresse, das in der Treatmentgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe ebenfalls abnimmt (χ^2 (1) = 8.327, p = .004).

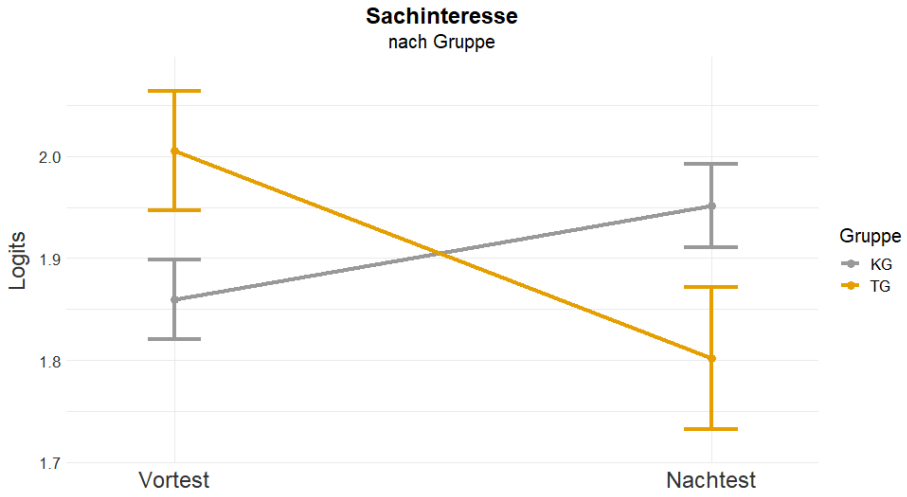


Abb. 2: Entwicklung des Sachinteresses in Kontroll- und Treatmentgruppe. Dargestellt sind die mittels Rating-Scale-Modell berechneten Mittelwerte des Sachinteresses in Logits mit ihren Standardfehlern.

Ausblick und Diskussion

Die Auswertung des vorläufigen Datensatzes zeigt, dass das Frankfurter Unterrichtskonzept mit einer mittleren Effektstärke von $d = 0.56$ zu einem signifikant besseren konzeptionellen Verständnis bei den Schülerinnen und Schülern führt als der traditionelle Unterricht. In Hinblick auf das Interesse der Lernenden zeigt sich jedoch, dass dieses im Gegensatz zum traditionellen Unterricht tendenziell abnimmt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass in Folge der starken fachsystematischen Ausrichtung des Frankfurter Unterrichtskonzepts die Interessen der Lernenden zu wenig Berücksichtigung finden.

Da es in der Elektrizitätslehre bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept mangelt, dessen Lernförderlichkeit auch empirisch belegt ist, wird im Rahmen der EPo-EKo-Studie in einem nächsten Schritt ein kontextorientiertes Unterrichtskonzept auf Basis des Frankfurter Unterrichtskonzepts entwickelt und evaluiert. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass zahlreiche Studien zeigen konnten, dass eine geeignete Kontextorientierung sich positiv auf das Sachinteresse und das physikbezogene Selbstkonzept der Lernenden auswirkt. Ungeklärt ist in der fachdidaktischen Forschung bisher jedoch die Frage, ob die Orientierung an interessanten Kontexten auch mit einem besseren konzeptionellen Verständnis der Lernenden einhergeht (Taasoobshirazi & Carr, 2008, S. 164).

Literatur

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 259, Logos-Verlag, Berlin (ISBN: 978-3-8325-4726-4) http://doi.org/10.30819/4726.

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Vergleich des Lernerfolges im traditionellen E-Lehre Unterricht. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, 2019, S. 213 – 216.

Cohen, R.; Eylon, B.; Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. In: American Journal of Physics 51 (5), S. 407–412.

Frey, A.; Taskinen, P.; Schütte, K.; Prenzel, M.; Artelt, C.; Baumert, J.; Blum, W.; Hammann, M.; Klieme, E.; Pekrun, R. (2009). PISA-2006-Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Waxmann, Münster.

Gleixner, C. (1998). Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial. Dissertation. LMU München.

Hoffmann, L.; Häußler, P.; Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN, Kiel.

Ivanjek, L.; Hopf, M.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Dopatka, L.; Spatz, V.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Entwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, 2019, S. 209 – 212.

Maichle, U. (1982). Schülervorstellungen zu Stromstärke und Spannung. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie 30 (11), S. 383–387.

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 34 (13), S. 10–14.

Taasoobshirazi G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. Educational Research Review 3(3):155–167.

Wilhelm, T.; Burde, J.-P.; Spatz, V.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018, S. 772 – 775.

Liza Dopatka[1]
Verena Spatz[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Thomas Wilhelm[3]
Lana Ivanjek[4]
Martin Hopf[4]
Thomas Schubatzky[5]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[5]

[1]Technische Universität Darmstadt
[2] Eberhard Karls Universität Tübingen
[3] Goethe-Universität Frankfurt
[4]Universität Wien
[5]Karl-Franzens-Universität Graz

Interviewstudie zum kontextstrukturierten Unterrichtsmaterial von EKo

Motivation, Ziele und Forschungsfragen

Die Einbindung von Kontexten in den Physikunterricht wird seit langem angestrebt und ist seit 2004 fest in den KMK-Beschlüssen verankert (KMK, 2004). Arbeitsmaterialien und Schulbücher sind mittlerweile mit Kontexten angereichert, indem Anwendungen genannt oder auf Zusatzseiten angesprochen werden. Unterrichtsmaterial, welches das Lernen mit Hilfe von Kontexten anhand einer möglichst konkreten, authentischen Fragestellung und Problemsituation in den Mittelpunkt rückt, existiert in der Elektrizitätslehre jedoch kaum. Solch kontextstrukturiertes Material, das sich an den Interessen der Lernenden orientiert, wurde auf Grundlage fachdidaktischer Entwicklungsarbeit im EKo-Strang des Design-Based-Research Projekts EPo-EKo – Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten – für die Sekundarstufe I angefertigt. Die konkreten, von Schülerinnen und Schülern als interessant empfunden Fragestellungen wurden im Rahmen der IDa-Studie (Dopatka et al., 2019) identifiziert und berücksichtigen die interessanten Inhaltsbereiche aus IPN und ROSE, die nach Aussage der Lernenden im Unterricht unterrepräsentiert sind (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Elster, 2007).
Ziel des Projekts ist es, praxiserprobtes und evaluiertes kontextstrukturiertes Unterrichtsmaterial zu generieren, das zum einen auf Akzeptanz bei Lehrkräften stößt und zum anderen das Interesse und physikalische Verständnis der Lernenden positiv beeinflusst. In Hinblick auf die Akzeptanz der Lehrkräfte werden nachfolgend die Ergebnisse zweier Forschungsfragen beschrieben:

- Anhand welcher Kriterien bewerten die Lehrkräfte die kontextstrukturierten Materialien?
- Wie fällt die Bewertung der Materialien auf Grundlage dieser Kriterien aus?

Die Unterrichtsmaterialien in der Pilotierung von EKo

Die Auswahl der Kontexte orientiert sich an drei Aspekten: den Interessen der Lernenden, den physikalischen Inhalten sowie daran, dass der Kontext eine konkrete Fragestellung in angemessener Komplexität ermöglicht. Zudem sind alle drei Interessenbereiche der IPN-Studie *Technik, Natur und Mensch* sowie *Gesellschaft* enthalten und spiegeln die Relevanz von physikalischem Fachwissen für diese Bereiche wider. Die Materialien sind als Lernaufgaben nach Finkelstein (2005) konzipiert, so dass die Beantwortung einer Frage im Zentrum steht. Die einzelnen Kontextmaterialien können wie Mikrokontexte (Kuhn et al., 2010) unabhängig voneinander eingesetzt werden, da ein Kontext immer genau einen physikalischen Inhalt einführt. Besonders hervorzuheben ist die kontextstrukturierte Gestaltung, bei welcher der Kontext die „storyline“ vorgibt und physikalische Inhalte beim Lernen über den Kontext erworben werden (Nawrath, 2010). Diese gehen vom einfachen Stromkreis über Schalter und Schaltungen hin zu Stromstärke, Widerstand und Spannung sowie dem wechselseitigen Zusammenhang dieser drei Größen. Die Sachstruktur ist an die des traditionellen Unterrichts angelehnt, stellt allerdings eine qualitative Betrachtung der relevanten Größen in den Mittelpunkt. Die Materialien enthalten zudem Anregungen für optionale Experimente sowie Zusatzaufgaben.

Stichprobe und Forschungsmethode
N = 22 Lehrkräfte haben die Unterrichtsmaterialien zur Pilotierung von EKo im Schuljahr 2018/19 im Unterricht eingesetzt und damit erprobt. Die Bewertungskriterien und Rückmeldungen 17 dieser Lehrkräfte (9 weiblich, 8 männlich) konnten in einer Kombination aus qualitativer und quantitativer Forschung erhoben werden: Nach der Erprobung wurde ein zwanzigminütiges, leitfadengestütztes Experteninterview geführt, das abschließend durch einen zehnminütigen Fragebogen ergänzt wurde. Während in den Interviews das Prinzip der Offenheit (Strübing, 2018) gilt, enthält der Fragebogen 20 Items, die diejenigen Kriterien aufgreifen, die Lehrkräfte in Fortbildungen im September 2018 vor dem Einsatz der Materialien im Schulsetting angeführt haben. Die Auswertung der Interviews fand mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) in skalierend, strukturierter Form (dreistufige Ordinalskala: gut – mittel – schlecht) statt. Der Fragebogen mit fünfstufiger Likert-Skala ergänzt oder fasst die offenen Aussagen der Lehrkräfte aus den Interviews summativ zusammen. Die Materialien wurden in unterschiedlichen Schulformen (Gymnasium N = 12, integrierte Gesamtschule N = 3, Realschule N = 2) und Jahrgangsstufen (Jhg. 7: N = 8, Jhg. 8: N = 8, Jhg. 9: N = 1) eingesetzt, was zum einen durch die Schulform aber auch durch unterschiedliche Schulcurricula bedingt ist. Im Mittel verwendeten die Lehrkräfte von den angebotenen 18 Materialien eine Anzahl von $\mu = 9$ (SD = 3,9; Min. = 4; Max. = 15) mit einer mittleren Stundenzahl von $\mu =$ 15,2 Schulstunden (SD = 5,9, Min. = 6; Max. = 26).

Kategoriensystem
Die Grundlage des Kategoriensystems bilden die elf Kriterien aus den Lehrkräftefortbildungen im September 2018 vor der Erprobung. Diese deduktiven Kategorien wurden mittels der Interviewaussagen induktiv ergänzt bzw. reduziert und zu Ober- und Unterkategorien zusammengefasst. Insgesamt können fünf Oberkategorien identifiziert werden, anhand derer die Lehrkräfte die kontextstrukturierten Materialen bewerten (s. Forschungsfrage):
- K1: Interesse der Schüler*innen im Physikunterricht
- K2: Interesse der Lehrkräfte an dem kontextstrukturierten Material
- K3: Vermittlung fachlicher Inhalte mit dem kontextstrukturierten Material
- K4: Gestaltung des kontextstrukturierten Unterrichtsmaterials
- K5: Einsatz des kontextstrukturierten Materials im Unterricht

Die Unterkategorien sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Reliabilität
Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit wurden die Intra- und Intercoderreliabilität bestimmt. Ein Code gilt als übereinstimmend, wenn in derselben Unterkategorie codiert wurde. Die prozentuale Übereinstimmung der Codierungen durch dieselbe Person beträgt bei der Intracoderreliabilität $P\ddot{U} = 84{,}91$ % mit einem Cohens Kappa von $\kappa = .84$. Nach Einteilung von Landis und Koch (1977) liegt dieser Wert im Bereich der (fast) vollkommenen Übereinstimmung. Eine Zweitcodierung von vier Interviews durch eine wissenschaftliche Hilfskraft liefert Werte im Bereich von $\kappa_{min} = .79$ (beachtliche Übereinstimmung) bis zu $\kappa_{max} = .92$ (fast vollkommene Übereinstimmung) für die Intercoderreliabilität. Die Reliabilitätskoeffizienten sind insgesamt in einem guten bis sehr guten Bereich und bestätigen die Zuverlässigkeit des Kodierleitfadens und Kategoriensystems.

Ergebnisse aus den Interviews und dem Fragebogen
Stärken der Materialien sehen die Lehrkräfte in den Oberkategorien K1, K2 und K5 sowie in einzelnen Unterkategorien, die in der Tabelle 1 grün markiert sind.
Besonders positiv werden hierbei die Schüleraktivität, das Unterrichtskonzept der Kontextorientierung, die Förderung des Verständnisses der Lernenden durch das Material, der Kontext als Einstieg in ein physikalisches Thema, die visuelle Gestaltung der Arbeitsblätter und ihr

flexibler Einsatz bewertet. Die Lehrkräfte nehmen vor allem eine gesteigerte Aktivität der Lernenden wahr und heben hierbei als Ursache den Kontext als Einstieg hervor: „Gerade zu Beginn der Stunden, wo es dann so quasi um die Einführung in den Kontext ging. Das ist sehr gut gelungen finde ich.“, „Diese Aktivität ist in der Klasse hoch, die Beiträge sind gut und es wird auch intensiv darüber gesprochen“. In der Einschätzung der Interviewten wird eine gesteigerte Kommunikation der Lernenden wahrgenommen. Das Interesse der Lehrkräfte an den Materialien spiegelt sich in der positiven Bewertung des kontextstrukturierten Unterrichtskonzepts wider, das wegen seiner Orientierung an den Interessenbereichen und dem verstärkten Praxisbezug häufig positiv hervorgehoben wird. Bei den Kontext-Themen werden die persönlichen Präferenzen der Lehrkräfte deutlich: „Zitteraal, das Beispiel finde ich genial“ oder „das mit dem Hotelzimmer, weil das mal so Aspekte waren, die bisher nie so in unserem Physikunterricht vorkamen“. Die verschiedenen Themen sprechen Lehrkräfte somit unterschiedlich stark an, weswegen weder ein Favoriten-Kontext noch ein zu verwerfender Kontext identifiziert werden kann.

Tab. 1. Bewertung der Kategorien durch die Lehrkräfte

K1: Interesse Lernende	**K2**: Interesse Lehrkräfte	**K3**: Vermittlung. Inhalte	**K4**: Gestaltung des Materials	**K5**: Einsatz im Unterricht
- Schüleraktivität - Motivation - Wertschätzung - Freude/Spaß	- Kontext-Themen - Unterrichts-konzept[1] - Freude[1] - Wiedereinsatz der Materialien	- Aufgaben-komplexität[1] - Fachliche Tiefe[1] - Verständnis - Verbindung Kontext und Inhalt	- Text, - visuell - Einstieg[1] - Experiment-hinweise - Inhalte - Aufgaben - Struktur	- Vorbereitung - Durchführung: Zeit - Flexibilität - Einsatz Experimente[1] - Zusatzaufgabe

[1] induktiv ergänzt

Die Aufgabenkomplexität und die fachliche Tiefe empfinden viele Lehrkräfte hingegen als zu niedrig, vor allem in Jahrgangsstufe 8 und 9: „Ich habe sehr schnell gemerkt, dass das Material eigentlich für viele schon auch zu einfach ist.“ Des Weiteren erachten viele Lehrkräfte die Durchführungszeit als zu lang trotz Zugewinn bei der Schüleraktivität.
Insgesamt bewerten die Lehrkräfte die Materialien im guten Schulnotenbereich (Note = 2,2, SD = 0,9). Elf Lehrkräfte würden das gesamte Material wieder einsetzen, drei Lehrkräfte Teile des Materials, 13 empfehlen es weiter, zwei nur Teile davon und lediglich zwei verneinen beides. Ein Kruskal-Wallis-Test und Post-hoc-Tests zeigen, dass die vergebene Note signifikant mit der Bewertung der Aufgabenschwierigkeit ($\chi^2 = 8.816$, $p = 0.032$) zusammenhängt mit einer großen Effektstärke $r = 1.2$. Je besser die Bewertung der Schwierigkeit, umso besser die vergebene Schulnote. Die Bewertung der Aufgabenschwierigkeit ist jedoch nicht signifikant von der Schulform abhängig ($\chi^2 = 0.351$, $p = 0.839$), sondern scheint vielmehr vom Anspruch einer Lehrkraft abzuhängen.

Fazit und Ausblick

Drei Designkriterien der kontextstrukturierten Materialien werden von den Lehrkräften positiv bewertet: Erhöhung des Interesses, Förderung der Kommunikation und die Unterstützung fachlichen Verständnisses. Da die Materialien vorrangig für Klasse 7 und zur ersten Erarbeitung eines Themas konzipiert sind, wird der angesprochene Aspekt der fachlichen Tiefe zunächst nicht berücksichtigt. Bei der Überarbeitung der Materialien wird dagegen die Aufgabenkomplexität angepasst, da eine Einführung in die E-Lehre häufig auch in Klasse 8 stattfindet. Zusätzlich wird dem Wunsch der Lehrkräfte nach Komprimierung in Text und Umfang entsprochen.
Die so pilotierten Kontexte werden nun in überarbeiteter Form genutzt, um für die EPo-EKo-Studie ein Schulbuch zum Elektronengasmodell mit Kontexten zu erstellen.

Literatur

Dopatka, L., Spatz, V., Burde, J.-P., Wilhelm, T., Ivanjek, L., Hopf, M., Haagen-Schützenhöfer, C. & Schubatzky, T. (2019). Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts EPo-EKo. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 217). Universität Regensburg.

Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. Didaktik (3), 2-8.

Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. Journal of Applied Developemental Psychology, 27 (10), 1187-1209.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.

Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierung im Physikunterricht - Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 59 (5), 13-25.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12. Auflage). Weinheim/Basel: Beltz.

Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg.

Strübing, J. (2018). Qualitative Sozialforschung. Eine komprimierte Einführung (2. Auflage). Berlin/Boston: Walter de Gruyter.

Claus Bolte
Sabine Streller

Freie Universität Berlin

Anregungen für die Praxis der Chemielehrer*innen-Aus- und -Fortbildung

Im Mittelpunkt der folgenden drei Beiträge unseres Symposiums stehen drei miteinander verbundene Forschungsarbeiten, die Anregungen zur Optimierung der Lehramtsaus- und -Fortbildung im Fach Chemie eröffnen sollten. Eingangs stellen wir eine qualitative Studie vor, die auf die Analyse professionsbezogener Vorstellungen und Erwartungen von Lehramtsstudierenden bzgl. ihres späteren Berufs als Chemie-Lehrer*in abzielt. Die identifizierten Vorstellungen und Erwartungen der Studierenden bilden eine solide und evidenzbasierte Ausgangslage zur Konzeption von Seminarveranstaltungen, die möglichst bedürfnisorientiert gestaltet werden, Erwartungen der Studierenden an ihre Ausbildung aufgreifen aber auch Raum bieten, um manifestierte Vorstellungen kritisch zu hinterfragen, die mit den Erkenntnissen aktueller Unterrichts- und Bildungsforschung nicht in Einklang zu bringen sind.

Im zweiten Beitrag berichten wir über ausgewählte Veränderungen und Neuerungen, die im Zuge der Reform der Lehrer*innen-Bildung ausgelöst wurden. Zunächst skizzieren wir einige Neuerungen, die die Phase der unterrichtspraktischen universitären Ausbildung in Berlin reformiert haben. Mit der Umstellung der beiden fachspezifischen vierwöchigen Unterrichtspraktika zu einem fünfmonatigen berufswissenschaftlich ausgerichteten Praxissemester gingen zwei flankierende Maßnahmen einher, die einen Beitrag zur Steigerung der Qualität in der unterrichtspraktischen Ausbildung leisten sollten; zum einen die Qualifizierung von Lehrer*innen, die die Lehramtsstudierenden in den jeweiligen Praktikumsschulen während des Praktikums betreuen und beraten, zum anderen die Einrichtung der sogenannten Fachberatung, die dazu führt, dass bereits im Rahmen des universitären Studiums (also in der 1. Phase der Lehrer*innen-Ausbildung) erste Kontakte zur den Fach- und Studienseminaren – also den Institutionen des Vorbereitungsdienstes und somit mit der 2. Phase der Lehrer*innen-Ausbildung – angebahnt werden.

Der dritte Beitrag greift die Frage auf, wie es den Studierenden im Praxissemester ergeht, wie sie die Herausforderungen meistern, die mit den ersten professionellen Gehversuchen beim Planen und Unterrichten eigener Lektionen einhergehen, wie sie Schwierigkeiten verarbeiten und inwiefern sie auch Zufriedenheit und Freude beim Unterrichten ihrer Schüler*innen erleben können. Antworten auf diese Fragen versuchen wir, mittels empirischer Verfahren zu erhalten. Dabei greifen wir vor allem auf Forschungsarbeiten zum motivationalen Lern- und Arbeitsklima (Bolte, 2004; 2018) sowie auf die Arbeiten von Schaarschmidt und Fischer (2008) zur Analyse Arbeitsbezogener Verhaltens- und Erlebensmuster (AVEM) zurück.

Sabine Streller Freie Universität Berlin
Claus Bolte

Erwartungen Lehramtsstudierender mit Fach Chemie an Studium und Beruf

Vorstellungen, Erwartungen und Vorkenntnisse beeinflussen jeden Lernprozess und somit auch professionelle Entwicklungen (Loucks-Horsley et al. 2010, S. 53; Stern, 2009). Werden Vorstellungen von Schüler*innen als eine besonders wichtige Voraussetzung für gelingenden Unterricht und die Entwicklung von Konzepten angesehen, so gilt dies oft nicht mehr in der universitären Ausbildung: "too often the cognitive research on learning is forgotten when it comes to designing teacher's training" (Loucks-Horsley et al. 2010, S. 53). Ziel unserer Befragung Studierender ist es daher, Vorstellungen über ihren angestrebten Beruf sowie Erwartungen an ihre fachdidaktische Ausbildung in Erfahrung zu bringen, um diese stärker im Studium berücksichtigen und Studierende so in der Entwicklung ihrer Professionalität gezielter unterstützen zu können (Streller & Bolte 2018).

Theoretischer Hintergrund

Der Begriff *professionelle Kompetenz* beschreibt die persönlichen Voraussetzungen, die zur Bewältigung spezieller beruflicher Aufgaben nötig sind (Kunter & Trautwein, 2013, S. 144). Bezogen auf den Beruf des Lehrers/der Lehrerin umfasst professionelle Kompetenz alle Fähigkeiten und die Bereitschaft, Unterricht effektiv zu gestalten; so gesehen sind „Lehrerinnen und Lehrer … Fachleute für das Lehren und Lernen" (KMK, 2004, S. 3). In den vergangenen Jahren wurden in der empirisch-pädagogischen Forschung verstärkt Aspekte der Berufstätigkeit von Lehrer*innen untersucht. Ziel des Projektes COACTIV war es, diese Ansätze zu kombinieren und ein Modell der professionellen Kompetenz zu entwickeln und empirisch zu prüfen (Baumert & Kunter, 2011, S. 29). Dabei sollten die Merkmale identifiziert werden, die Lehrer*innen für die erfolgreiche Bewältigung ihrer beruflichen Aufgaben benötigen (Baumert & Kunter, 2011, S. 29). So beschreibt das COACTIV-Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften professionelles Handeln als ein Zusammenspiel von vier Aspekten (Baumert & Kunter, 2011, S. 33): [1] dem spezifischen deklarativen und prozeduralen Wissen (Professionswissen), [2] professionellen Werten, Überzeugungen, subjektiven Theorien, normativen Präferenzen und Zielen, [3] motivationalen Orientierungen und [4] Fähigkeiten der professionellen Selbstregulation. Der Aspekt des Professionswissens [1] umfasst fünf die Kompetenzbereiche (Domänen) *Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisch-psychologisches Wissen, Organisationswissen* und *Beratungswissen*, die sich weitgehend an Arbeiten von Shulman (1986) orientieren.
Für den Aufbau professioneller Kompetenz sind neben dem Wissenserwerb eine reflektierte Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen und Überzeugungen bedeutsam (Kunter & Trautwein, 2013, S. 151). Dies ist umso wichtiger, als Vorstellungen über den Lehrerberuf und das Lehren und Lernen seit der eigenen Schulzeit bestehen und zum Teil manifestiert sind. Fischler (1999, S. 129) konnte zeigen, dass Studierende im Praktikum stark an Unterrichtserfahrungen aus der eigenen Schulzeit festhalten und kaum bereit sind, alternative Konzeptionen zu erproben.

Methode

Studierende des Bachelorstudiengangs Chemie für das Lehramt und des Masterstudiengangs Master of Education (Chemie) wurden jeweils zu Beginn des Studiengangs befragt. Das Befragungsinstrument enthält zwei offene Fragen, die schriftlich zu beantworten waren:

1. Was wird von mir als Lehrerin bzw. als Lehrer erwartet? und 2.Welche Erwartungen habe ich an meine Ausbildung, insbesondere an die chemiedidaktische Ausbildung?
Für die Auswertung der Antworten wurde zunächst ein Kategoriensystem basierend auf dem COACTIV-Modell entwickelt, das um sechs Kategorien aus der Zusammenstellung der EU zu Kompetenzen von Lehrkräften (EC, 2013, S. 45f.) ergänzt wurde. Das Kategoriensystem umfasst 50 bzw. 53 Kategorien für die Fragen 1 und 2. Die Interraterreliabilität wurde mit (κ .79) und (κ .68) bestimmt. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm MaxQDA.

Ergebnisse
Beide Fragen wurden von insgesamt 168 Studierenden beantwortet (Tab. 1). Somit liegen bzgl. der ersten Frage 821 Aussagen und bzgl. der zweiten Frage 550 Aussagen (Tab. 2) zur Analyse vor.

Tab. 1: Stichprobe

	Anzahl Studierende					
Semester	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	Σ
Bachelor	37	26	18	29	-	110
Master		16	-	23	19	58

Tab. 2: Anzahl der Aussagen

	Anzahl der Aussagen (bzgl. Frage 1 und *2*)									
Semester	2012/13		2013/14		2014/15		2015/16		2016/17	
Bachelor	182	*110*	123	*80*	72	*48*	153	*114*		
Master			79	*55*			123	*81*	89	*62*

Tab. 3: Überblick über die Antworten der Studierenden auf Frage 1 (N_{BA} = 110, N_{MA} = 58), (Farbschema bezieht sich auf COACTIV-Modell: dunkelgrau Aspekte, mittelgrau Domänen, hellgrau Facette. Vgl. vorherige Seite)

As-pekt	**Domäne**	**Facette**	**BA N_{Aus}=530**		**MA N_{Aus}=291**	
			Σ	**%**	**Σ**	**%**
Professionswissen	Fachwissen		48	9,06	24	8,25
	pädagogisch-psychologisches Wissen		8	1,51	5	1,72
		allg.-did. Konzeptions- und Planungswissen	26	4,91	18	6,18
		Wissen über effektive Klassenführung	56	10,56	27	9,28
		Wissen über Lernprozesse	96	18,11	61	20,96
		Wissen über Prinzipien des Diagnostizierens	22	4,15	14	4,81
		professionelles Verhalten im Kontext Schule	2	0,38	4	1,37
	fachdidaktisches Wissen		7	1,32	4	1,37
		Erklärungswissen	80	15,09	27	9,28
		Wissen über das Denken von Schüler*innen	3	0,57	1	0,34
		Wissen über Aufgaben	40	7,55	25	8,59
		Wissen über Experimente	0		0	
	Organisationswissen		1	0,19	4	1,37
	Beratungswissen		9	1,70	10	3,34
Überzeugungen/Werthaltungen/Ziele			99	18,68	47	16,15
motivationale Orientierungen			21	3,96	16	5,50
Selbstregulation			3	0,57	1	0,34
globale Aussagen			9	1,70	3	1,03

Die häufigsten Aussagen konnten dem Aspekt Überzeugungen/Werte/Ziele zugeordnet werden. Die Studierenden bringen vor allem selbstbezogene Fähigkeitskognitionen zum Ausdruck, wie: *Als Lehrer*in muss ich (immer) pünktlich sein, konsequent sein, souverän auftreten, geduldig sein, fleißig sein, höflich sein, Vorbild sein, ordentlich sein.*

Tab. 4: Überblick über die Antworten der Studierenden auf Frage 2 (N_{BA} = 110, N_{MA} = 58), (Farbschema bezieht sich auf COACTIV-Modell (s.o.): dunkelgrau Aspekte, mittelgrau Domänen, hellgrau Facette)

Aspekt	Domäne	Facette	BA N_{Aus}=352 Σ	BA %	MA N_{Aus}=198 Σ	MA %
Professionswissen	Fachwissen		3	0,85	4	2,02
	pädagogisch-psychologisches Wissen		8	2,27	5	2,52
		allg.-did. Konzeptions- und Planungswissen	54	15,34	25	12,63
		Wissen über effektive Klassenführung	42	11,93	16	8,08
		Wissen über Lernprozesse	39	11,08	13	6,56
		Wissen über Prinzipien des Diagnostizierens	9	2,56	1	1,01
		professionelles Verhalten im Kontext Schule	16	4,54	7	3,53
	fachdidaktisches Wissen		9	2,56	10	5,05
		Erklärungswissen	48	13,63	18	9,09
		Wissen über das Denken von Schüler*innen	4	1,14	10	5,05
		Wissen über Aufgaben	27	7,67	11	5,55
		Wissen über Experimente	26	7,39	11	5,55
	Organisationswissen		15	4,26	9	4,55
	Beratungswissen		3	0,85	2	1,01
Überzeugungen/Werthaltungen/Ziele			13	3,69	4	2,02
motivationale Orientierungen			2	0,57	2	1,01
Selbstregulation			3	0,85	8	4,04
globale Aussagen			*3*	*0,85*	*1*	*1,01*
Anforderungen an Seminargestaltung			*27*	*7,67*	*34*	*17,17*
Übersicht über Quellen (Material, Informationen)			*1*	*0,28*	*5*	*2,52*
Einblicke in die aktuelle Forschung bekommen			*0*		*2*	*1,01*

Das Kategoriensystem für Frage 2 wurde um drei Kategorien ergänzt (siehe letzte drei Zeilen in Tab. 4). Vor allem MA-Studierende äußern spezifische Wünsche die Seminargestaltung betreffend: Hier liegt die größte Differenz zwischen BA- und MA-Studierenden. Weiterhin zeigt sich, dass die Antworten der MA-Studierenden über alle Kategorien ausgeglichener sind. BA- und MA-Studierende geben an, in ihrem Studium Versuche und Experimente samt Sicherheitshinweisen kennenlernen zu wollen; überraschender Weise wurden bzgl. Frage 1 Experimente überhaupt nicht erwähnt (Tab. 3 und 4).

Diskussion

Das Kategoriensystem hat sich für die Analyse der Studierendenantworten als gut geeignet erwiesen; Cohens κ ist zufriedenstellend (κ_1 .79; κ_2 .68). Uns hat überrascht, dass die Studierenden beider Gruppen annehmen, dass die größte Bedeutung in ihrem zukünftigen Beruf selbstbezogene Fähigkeitskognitionen haben werden, sie diese aber nicht im Rahmen ihres Studiums entwickeln würden. Wie erwartet haben die Masterstudierenden bereits einen differenzierten Blick auf verschiedene Aspekte ihres Studiums, denn ihre Aussagen sind über die Kategorien gleichmäßiger verteilt.

Im Rahmen der chemiedidaktischen Ausbildung an der FUB werden explizit die oft als getrennt wahrgenommenen Bereiche Erziehungswissenschaft, Fach und Didaktik der Chemie verknüpft: Die Bachelorstudierenden erhalten bereits früh im Studium die Gelegenheit, unterrichtspraktische Erfahrungen mit Schulklassen zu machen und so einen authentischen Einblick in ihren zukünftigen Beruf zu erhalten. Wesentliches Ziel unserer Kursen ist es, die Überzeugungen und Vorstellungen der Studierenden aufzugreifen und zu berücksichtigen, um so Lernumgebungen zu schaffen, die an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst sind.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann, 29-53

European Commission (2013; Ed.). Supporting teacher competence development.

Fischler, H. (1999). The Impact of Teaching Experiences on Student-teachers' and Beginning Teachers' Conceptions of Teaching and Learning Science. In J. Loughran (Ed.). Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy. London: Routledge, 128-146

KMK - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004) Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf

Kunter, M., & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Stuttgart: UTB.

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. Corwin, Thousand Oaks, California, 3rd ed.

Shulman, L. (1986). Those Who Understand. Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher 15 (2), 4-14.

Stern, E. (2009). Implizite und explizite Lernprozesse bei Lehrerinnen und Lehrern. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 355-364

Streller, S. & Bolte, C. (2018). Becoming a Chemistry Teacher – Expectations for Chemistry Education Courses. NorDiNa 14 (2), 125-137

Claus Bolte[1] [1]Freie Universität Berlin
Sabine Streller[1]
Ruggero Noto La Diega[2] [2]Studienseminar Berlin Lichtenberg/Pankow
Götz Godowski[3] [3]Studienseminar Berlin Reinickendorf
Mario Hoffmann[4] [4]Studienseminar Berlin Charlottenburg

Verzahnung von 1. und 2. Phase der Chemielehrer*innen-Bildung an der Freien Universität Berlin

Im Zuge der Reform des Lehramtsstudiums in Berlin zum Wintersemester 2015/16 (SenBJW Berlin, 2012) wurden nicht nur die zwei ursprünglich vierwöchigen Unterrichtspraktika durch ein fünf Monate dauerndes Praxissemester abgelöst, sondern es wurden auch weitere Maßnahmen ergriffen, die einen dauerhaften Beitrag zur enge(re)n Verzahnung fachdidaktischer Theorie und universitärer Lehre mit einer stärker unterrichtspraktischen und pragmatischen Unterrichts- und Seminarpraxis gewährleisten sollten (SenBJW, 2012; FUB et al., 2019). Neben den notwendigen Änderungen in den Studien- und Prüfungsordnungen (FUB 2018) sind in diesem Zusammenhang vor allem die Implementierung des Mentoring-Qualifizierungsprogramms und die Institutionalisierung der Fachberatung (FUB et al., 2019; SenBJW Berlin, 2017) zu nennen. – Über erste Erfahrungen und eine Art Bestandsaufnahme im Zuge dieser doch weitreichenden Erneuerungen in der (Chemie-)Lehrer*innen-Ausbildung haben wir bereits auf der GDCP-Tagung 2017 berichtet (Bolte u.a., 2018). Mittlerweile können wir auf die ersten drei Durchläufe zurückblicken und über u.E. viel Positives und Gelungenes im Zuge der Implementation des Praxissemesters und der damit verbundenen flankierenden Maßnahmen berichten.

Änderungen im universitären Lehrangebot

Die Praxisphase der universitären Lehrer*innen-Ausbildung an Berliner Universitäten ist nach wie vor im Masterstudiengang (laut Studienplan im dritten Studiensemester) verortet (FUB, 2018). Das Modulangebot umfasst 12 Leistungspunkte pro Fachdidaktik. Darüber hinaus haben die Studierenden weitere Studienangebote im Umfang von 12 Leistungspunkte (LP) aus dem Bereichen Deutsch als Zweitsprache und Erziehungswissenschaften abzuleisten (FUB, 2018). Die jeweils in den fachdidaktischen Disziplinen organisierten Modulangebote sind i.d.R. in drei Teile gegliedert (FUB, 2018). Bevor die Studierenden ihr Praxissemester in Angriff nehmen, werden sie auf die kommenden Aufgaben im Rahmen eines sog. Vorbereitungsseminars (4 LP) eingestimmt. Dieses Teilmodul findet im Sommersemester vor Beginn des Praxissemesters statt. Das Praxissemester selbst startet in der 1. Septemberwoche und endet mit Beginn der Winterferien Ende Januar) (FUB et al., 2019).
Während die Studierenden an mindestens drei (gewünscht sind vier) Tage pro Woche ihre Praktikumsschule für mindestens vier Stunden pro Praktikumstag besuchen (4 LP) (FUB et al., 2019), starten – spätestens mit Beginn der Vorlesungszeit im Wintersemester (also Mitte Oktober) – die von den jeweiligen Fachdidaktiken organisierte Lehrveranstaltung des sog. Begleitseminars (4 LP). Im Rahmen des Begleitseminars der Didaktik der Chemie blocken wir zwei bis drei Seminarveranstaltungen, um in diesen Stunden zum Ende des Praxissemesters einer Art Rückschau auf das gesamte Programm des Praxissemesters zu werfen. In diesen Seminarveranstaltungen geht es maßgeblich um die Reflexion des im Praxissemester Erlebten und Gelernten sowie um Aspekte der eigenen professionellen Entwicklung. Mehrere Seminarveranstaltungen, sowohl im Vorbereitungs- als auch in den Begleit- bzw. Reflexionsseminaren, werden im Rahmen der sog. *Fachberatung*, d. h. in Kooperation mit (mindestens) einem/einer Fachseminarleiter*in, gemeinsam gestaltet und durchgeführt (FUB et al., 2019). Beide Maßnahmen – sowohl die fünfmonatige Verortung des Praktikums an die

Schulen und die damit verbundene Zusammenarbeit mit den Mentor*innen als auch die Einführung der Fachberatung – haben spürbar zur engeren Verzahnung von 1. und 2. Studien- und Ausbildungsphase in die universitäre Ausbildung beigetragen.
Im Verlauf des Praxissemesters haben die Studierenden zahlreiche Aufgaben und Auflagen zu erfüllen. Zu nennen sind mit Blick auf die fachdidaktischen Ausbildungsanteile, dass die Studierenden pro Studien- bzw. Unterrichtsfach 16 Stunden unterrichten (FUB et al., 2019). Sieben Unterrichtsstunden können gemeinsam mit dem Mentor/der Mentorin geplant und von den Studierenden (lediglich) in Teilen unterrichtet werden. Neun weitere Unterrichtsstunden sollen von den Studierenden als ganze geplant, durchgeführt und nachbereitet werden. Diese Aufgaben erfüllen die Studierenden selbstverständlich unterstützt durch und in Absprache mit ihren Mentor*innen.
Das Gros der studentischen Tätigkeiten ist der Teilhabe am Schulleben gewidmet (FUB et al., 2019). In diesem Kontext haben die Studierenden eine nicht näher bestimmte Zahl Hospitationsstunden zu absolvieren, in denen sie konkrete pädagogisch und/oder fachdidaktisch basierte Hospitationsaufgaben bearbeiten (FUB et al., 2019). Einen Teil der geforderten Hospitationsstunden können die Studierenden nutzen, um im Zuge der *Fachberatung* (s. u.), eine/n Fachberater*in in seinem/ihrem Unterricht zu besuchen und/oder der Einladung des Fachberaters/der Fachberaterin in eine Seminarsitzung im Studienseminar zu folgen (FUB et al., 2019; SenBJW Berlin, 2017). Da die bislang nicht verbindlichen Studienangebote der Fachberatung vom Gros der Studierenden der Didaktik der Chemie angenommen werden, leistet auch diese Kooperation einen Beitrag zur enge(re)n Verzahnung der 1. und 2. Studien- und Ausbildungsphase.

Konzeption und Durchführung der Mentoring-Qualifizierung
Im Herbst 2016 wurde das Berliner Mentoring-Qualifizierungsprogramm mit Beginn des ersten Praxissemesters startet. Damit die Studierenden an den jeweiligen Praktikumschulen bestmöglich betreut werden, wurde von einem eigens eingesetzten Arbeitskreis (dem AK Lernbegleitung) ein konzeptioneller Rahmen entwickelt, der die Grundlage zur Ausgestaltung fachspezifischer Fortbildungsprogramme zur Qualifizierung der Mentor*innen im Praxissemester bildet. Das Mentoring-Qualifizierungsprogramm der FU Berlin umfasst sechs Module, à drei Stunden, mit dem Schwerpunkt des fachspezifischen Unterrichtscoachings (Kreis & Staub, 2013). Die ersten beiden Module werden von Kolleg*innen der Erziehungswissenschaften, die vier domänenspezifischen Module von Tandems bestehend aus Dozent*innen der Universität und Fachseminarleiter*innen konzipiert und realisiert.
Modul 1: Informationen zum Praxissemester, Gesprächsführung im Orientierungsgespräch
Modul 2: Grundlagen des Unterrichtscoachings nach Kreis und Staub (2013)
Modul 3: Basismodul Fachdidaktik. Die Teilnehmenden erhalten einen Überblick über die fachdidaktischen Ausbildungsanteile im Studium sowie den aktuellen Stand der Fachdidaktik. Mit der Analyse und Diskussion von authentischen Unterrichtssituation anhand von Fallbeispielen werden die fachdidaktischen Grundlagen mit der Unterrichtspraxis verknüpft.
Modul 4: Domänenspezifisches Unterrichtscoaching. Die Grundlagen des fachspezifischen Unterrichtscoachings werden auf Besonderheiten im Fach Chemie bezogen und in kollegialen Coachinggesprächen angewendet.
Modul 5: Praxismodul Unterrichtscoaching. Die Teilnehmer*innen beraten Studierende im Praxissemester bezüglich eines Stundenentwurfes. Das Gespräch wird videografiert.
Modul 6: Reflexion in Videozirkeln. Die Teilnehmer*innen stellen ausgewählte Videosequenzen in der Gruppe zur Diskussion und analysieren und reflektieren gemeinsam die Gesprächsausschnitte.
Aus der Zusammenarbeit der Akteure im Mentoring-Qualifizierungsprogramm der Didaktik der Chemie ist eine Arbeitsgruppe erwachsen, die über die ersten Jahre der Kooperation ein chemiedidaktisches Lehr- und Übungsbuch verfasst hat, das authentische Fallbeispiele, die

auch im Rahmen der Mentoring-Qualifizierung genutzt werden, bereithält und zur Diskussion stellt (Streller, Bolte, Dietz & Noto La Diega, 2019). Durch die Initiative der Mentoring-Qualifizierung wurden weitere Schritte zur engeren Verzahnung von Theorie und Praxis, Universität und Schule wie auch von 1. und 2. Studien- und Ausbildungsphase unternommen.

Konzeption und Implementierung der Fachberatung

In beiden bereits skizzierten Aus- und Fortbildungsbereichen sind wir schon kurz auf den Begriff der Fachberatung eingegangen. Im Grunde handelt es sich dabei um die Kooperation von Kolleg*innen aus der universitären Fachdidaktik und aus dem Bereich der Studien- bzw. Fachseminare. Vier Arbeitsschwerpunkte sind mit der Fachberatung verbunden (Abb. 1).

Abb. 1: *Vier Arbeitsschwerpunkte der Fachberatung (in Anlehnung an Schäfer-Franke, 2016, o. S.)*

Den 1. Arbeitsschwerpunkt haben wir bereits in unseren Darstellungen zum Praxissemester angerissen. In der ersten der mindestens zwei gemeinsam veranstalteten Seminarsitzungen (in der Fachberatung Chemie sind es deutlich mehr) geht es um die Frage: Wie läuft das Referendariat ab und was wird im Vorbereitungsdienstes von mir erwartet? Nach einem kurzen Überblick über Verlauf und Formalien zum Vorbereitungsdienst beantwortet der/die Fachberater*in Fragen der Studierenden. Im zweiten Teil dieser i.d.R. 3- bis 4-stündigen Sitzung werden anhand anonymisierter Gutachten aus dem Vorbereitungsdienst Kriterien guten (Chemie-)Unterrichts herausgearbeitet. Diese Kriterien werden mit denen verglichen, die im vorangegangen chemiedidaktischen Seminar aus naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsarbeiten herausgearbeitet wurden. Wichtig ist uns, dass den Studierenden die große Schnittmenge der gemeinsam geteilten Qualitätskriterien deutlich wird und dass Schulweisheiten wie: ‚Vergesst, was ihr an der Uni und in der Fachdidaktik gelernt habt, wir zeigen euch hier, was im Unterricht tatsächlich funktioniert!‘ als überholt erkannt werden. Die Kriterien guten (Chemie)Unterrichts spielen in allen Belangen der Fachberatung eine zentrale Rolle. Die Hospitation und Reflexion der vom Fachberater/von der Fachberaterin modellierten Unterrichtsstunden (Schwerpunkt 2) wäre ohne einen entsprechenden Referenzrahmen für die Beurteilung der Qualität einer Unterrichtsstunde nicht lernwirksam. Die gemeinsam identifizierten Merkmale guten (Chemie-)Unterrichts bilden auch die Basis bei der kooperativ gestalteten Einführung in das kollegiale und fachspezifische Coaching nach Kreis und Staub (2013; 2017). Im Mittelpunkt dieses 3. Schwerpunktes steht das gemeinsame Erarbeiten und die kollegiale Reflexion von eigenen Unterrichtsplanungen. Die damit verbundenen Aufgaben werden zumeist in Kleingruppenarbeit erledigt. Neben dem Festigen der Kriterien, die für gelungenen (Chemie-)Unterricht richtungsweisend sind, lernen die Studierenden kollegiale Gesprächstechniken und um andere Methoden erfolgreichen Coachings kennen. Im 4. Schwerpunkt geht es u.a. darum, Schwellenängste auf Seiten der Studierenden abzubauen. Die Teilnahme an einer mit den Referendar*innen gemeinsam bestrittenen Sitzung und der fachdidaktische Austausch der Teilnehmer*innen, trägt ebenfalls zur Verzahnung der 1. und 2. Phase der Chemie-Lehrer*innen-Bildung bei.

Literatur

Bolte, C., & die Projektgruppe „Analysen zum Praxissemester“ (2018). Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach “ihr“ Praxissemester? In: C. Maurer (Hg.). Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Universität Regensburg, 718–721 http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_718_Bolte.pdf

Freie Universität Berlin [FUB] (2018). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für ein Lehramt an Gymnasien. Amtsblatt der Freien Universität Berlin 27/2018 (vom 13.06.2018) https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2018/ab272018.pdf (Zugriff: 2019-10-15)

Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin, Universität der Künste Berlin [FUB, HUB, TUB, & UdK Berlin] (Hrsg., 2016). Leitfaden Praxissemester. Berlin. http://www.fu-berlin.de/sites/dse/master/praxissemester/praxissemester-downloads/leitfaden_praxissemester.pdf (Zugriff: 2017-04-21).

Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin, Universität der Künste Berlin [FUB, HUB, TUB, & UdK Berlin] (Hrsg., 2019). Leitfaden Praxissemester. Berlin. https://www.fu-berlin.de/sites/dse/studium/praxisanteile/Praxissemester/praxissemester-downloads/leitfaden_praxissemester_2019.pdf (Zugriff: 2019-09-16).

Kreis, A., Staub, F. C. (2013). Kollegiale Unterrichtscoaching. In Bartz A. und anderen (Hrsg.). PraxisWissen SchulLeitung (33. Aktualisierungslieferung, Teil 3, 30.32). Köln: Wolters Kluver.

Kreis, A. & Staub, F. C. (2017). Kollegiales Unterrichtscoaching - ein Instrument zur praxissituierten Unterrichtsentwicklung. Köln: Wolters Kluwer

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend, und Wissenschaft [SenBJW Berlin] (Hrsg., 2012). *Ausbildung von Lehrkräften in Berlin – Empfehlungen der Expertenkommission Lehrerbildung*. Berlin: Hermann Schlesener KG.
http://www2.becker2011.de/uploads/2012_09_26_bericht_kommission.pdf (Zugriff: 2019-09-16)

SenBJW Berlin, 2017). Fachberatung im Berliner Lehramtsstudium. Informationsbroschüre. Senatsverwaltung Berlin. (Polyskript).

Staub, F. C., Kreis, A. (2013). Fachspezifisches Unterrichtscoaching in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. In: Journal für LehrerInnenbildung, Heft 2, S. 8-13.

Streller, S., Bolte, C., Dietz, D. & Noto La Diega, R. (2019). Chemiedidaktik an Fallbeispielen. Heidelberg, Springer

Claus Bolte Freie Universität Berlin

Stress und Stressbewältigung von Lehramtsstudierenden im Praxissemester

Im Rahmen der GDCP-Jahrestagung in Regensburg habe ich über den Start einer im Längsschnitt angelegten Untersuchung berichtet, die auf die Frage fokussiert: *Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach "ihr" Praxissemester?* (Bolte, 2018, 718-721). Die Bestandsaufnahme aus dem ersten Durchgang der Einführung des Praxissemesters im Wintersemester 2016/17 führte zu dem Fazit, dass obgleich das motivationale Lernklima im Praxissemester von den Studierenden insgesamt positiv wahrgenommen und beurteilt wurde, auffällig – und m.E. überraschend – viele Studierende von Überanstrengungen und erheblichen Belastungen berichteten. Fast die Hälfte der Teilnehmer*innen (N=54) in der Bestandsaufnahme waren den beiden AVEM-Risiko-Mustern (Muster A und Muster B) zuzuordnen (Bolte2018, S. 720). Konzentriert man den Blick auf das Risiko-Muster B, so ist festzustellen, dass fast jede/r vierte Student*in sich im Praxissemester chronischem Erschöpfungserleben und Resignation ausgesetzt gesehen hat. Nur 7,7% der Studierenden zeigten das erstrebenswerte Gesundheitsprofil (Muster G) (Bolte, 2018, S. 720). Abschließend hatte ich in Aussicht gestellt, dass die „Frage, welche Ausbildungsbedingungen positive bzw. negative AVEM-Profile hervorrufen, … durch nachfolgende Studien aufzuklären" wäre (Bolte, 2018, S. 720). Etwas differenzierter formuliert geht es also im Folgenden um die Fragen: *Inwiefern lassen sich die Ergebnisse der Bestandsaufnahme reproduzieren?* Und: *Inwieweit können negative und somit gesundheitsgefährdende Erlebens- und Verhaltensmuster aufgefangen und in positive(re) – gesundheitsbewahrende oder gar gesundheitsförderliche – Wahrnehmungs- und Verhaltensmuster transformiert werden?*

Theoretischer Rahmen

Auch die der Bestandsaufnahme (im WS 2016/17) nachfolgenden Untersuchungen basieren auf Arbeiten zur *Analyse der Wahrnehmung des motivationalen Lernklimas* (MoLe) (Bolte, 1996; 2004). Als theoriebasierte Anleihen im MoLe- bzw. im MoLe^{+}-Modell (Bolte, 2018, S. 718; 2019, S. 67) fungieren Überlegungen der …

- pädagogischen Interessentheorie (Prenzel, Krapp, & Schiefele, 1986; Krapp, 2002),
- Self-Determination-Theory (SDT) von Deci und Ryan (1985; 2002),
- Theorie zu Professionalisierung von Lehrer*innen (Shulman, 1987) sowie der
- Lernklima- bzw. Schul- und Arbeitsklima-Forschung (Bolte, 1996; 2004; Fraser, 1985; 2012).

Seit dem zweiten Untersuchungsdurchgang im Sommersemester 2017 habe ich die theoretischen Anleihen um ein weiteres Element ergänzt; nämlich um das Element der *Einschätzung von drei Facetten professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte*. Die Idee, das professionsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept in Anlehnung an das dreidimensionale Konstrukt professionsbezogener Kompetenzen nach Shulman (1987) zu unterscheiden, erhielt ich im Rahmen eines Vortrags von Elsholz und Trefzger anlässlich der GFD Tagung 2017. In Anlehnung an die Überlegungen von Elsholz (2019) habe ich Items adaptiert, die wir in der Arbeitsgruppe der Didaktik der Chemie der FU Berlin in vorangegangenen Untersuchungen zur differenzierenden Analyse schulischer und unterrichtsfachbezogener Fähigkeitsselbstkonzept-Konstrukte in Anlehnung an Dickhäuser und Kollegen (2002) bereits erfolgreich eingesetzt hatten (Bertels & Bolte, 2009), um schlussendlich chemie-fachwissenschaftliche, chemiedidaktische und pädagogische Fähigkeitsselbstkonzepte differenziert analysieren zu können.

Wie schon im Zuge der Bestandsaufnahme greife ich zur Rekonstruktion der individuell ausgeformten arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebens-Muster (AVEM) auf die Arbeiten

von Schaarschmidt und Fischer (2001; 2008) zurück; zur Erinnerung (Bolte 2018, S. 719): „Das AVEM-Instrument beruht auf einem persönlichkeitsdiagnostischen Konstrukt, das auf 11 theoretisch begründete und empirisch fundierte Dimensionen fokussiert (siehe Abb. 1). Die Interdependenz der 11 Dimensionen kommt in den vier empirisch rekonstruierbaren und statistisch gesicherten arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebensmustern und den damit korrespondieren prototypischen Profilen (Referenzmuster) zum Ausdruck; zu nennen sind:

- das Muster G (Gesundheit) und das Muster S (Schonung) sowie
- das Risiko-Muster A (im Sinne des Risikos zur Selbstüberforderung) und das Risiko-Muster B (im Sinne des Risikos von chronischem Erschöpfungserleben und von Resignation)“ (Bolte 2018, S. 719).

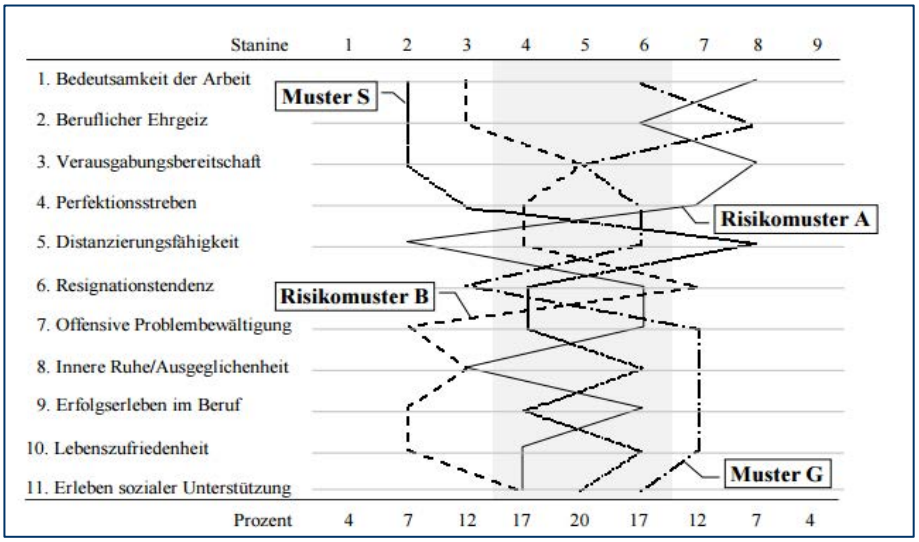


Abb. 1: *Unterscheidung der AVEM-Referenzmuster (Schaarschmidt & Fischer, 2008, 11)*

Neben den vier prototypischen Mustern sind auch Muster-Kombination zu erwarten. Durch eine AVEM-Analyse kann individual-diagnostisch für jede Person „die Ähnlichkeit ihres Profils mit diesen vier Referenzmustern ermittelt“ werden“ (Schaarschmidt & Fischer, 2008, 5).

Methode

Um die beiden eingangs formulierten Forschungsfragen zu beantworten, wurde Lehramtsstudierenden mit mindestens einem naturwissenschaftlichen Studienfach ein Befragungsinstrument vorgelegt, das Items verschiedener Fragebogen enthält: 20 Items aus dem MoLe^{+}-Fragebogen (Bolte, 2017), 18 Items aus der Self-Determination-Theory (SDT – vgl. Deci & Ryan, 1985), 15 Items zur Analyse der drei Facetten professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte (pFsk) und 44 Items des AVEM-44 Fragebogens (Schaarschmidt & Fischer (2008). Die Datenerhebung erfolgte online mittels der Plattform unipark (2016). Zur Datenauswertung wurden die AVEM-Software (Version 3.2.0.0) und das SPSS Statistics 24 Programm verwendet. Bevor die Rückmeldungen der Teilnehmer*innen *deskriptiv- und varianzstatistischen Analysen* unterzogen wurden, wurde *die wissenschaftliche Güte der adaptierten Skalen mittels Reliabilitäts- und Faktorenanalysen* geprüft (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2015). Die *Identifikation der arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebensmuster (AVEM-Profile)* und die Schätzung ihrer Ähnlichkeit mit den jeweiligen Referenzmustern der AVEM-Normstichprobe erfolgte mit der AVEM eigenen Software unter Berücksichtigung der berechneten Stanine-Werte (Amelang & Zielinski, 1994).

Empirie

Die Stichprobe der Studie, über die ich im Folgenden berichte, bilden 54 Studierende im Lehramts-Masterstudiengang, die das Fach Chemie studieren und im Praxissemester unterrichten. Die *Güte-Prüfung* der für diese Studie adaptierten Skalen weist für alle Skalen zufriedenstellende Reliabilitätskoeffizienten aus. Die durchgeführten Faktorenanalysen sprechen für die Validität der Konstrukte. – Tabelle 1 fasst die empirisch vorgenommene Rekonstruktion der AVEM-Profile der Studierenden im pre- und post-Test zusammen.

Tab. 1: *Verteilung der Rückmeldungen auf die AVEM-Referenzmuster (∑ ≠ 100 % Rundungseffekt)*

Muster	pre %	post %	***Kombi***	pre %	post %	***Kombi***	pre %	post %
G	22,2	38,5	*G>S*	*5,6*	*5,8*	*G>A*	*7,4*	*/*
S	13,0	17,3	*S>G*	*1,9*	*1,9*	*S>B*	*3,7*	*3,8*
A	11,1	15,4	*A>G*	*7,4*	*3,8*	*A>B*	*5,6*	*1,9*
B	20,4	5,8	*B>S*	*1,9*	*1,9*	*Rest*	*1,9*	*3,8*
$\sum_{\text{Prototypen}}$	66,7	77,0	$\sum_{Kombi}$	*35,4*	*22,9*	$\sum_{\textbf{pre / post}}$	**100,1**	**99,9**

Die Ergebnisse zeigen, dass 46,4 % der Teilnehmer*innen zu Beginn des Praxissemesters zu einer der gesundheitsgefährdeten Gruppen (A oder B affiner Typ) zuzuordnen sind (grau hinterlegte Zellen). Zum Ende des Praxissemesters fällt diese Zahl mit 28,8 % deutlich kleiner aus. Fachdidaktisch und gesundheitspsychologisch betrachtet ist der Befund m.E. immer noch bedenkenswert hoch!

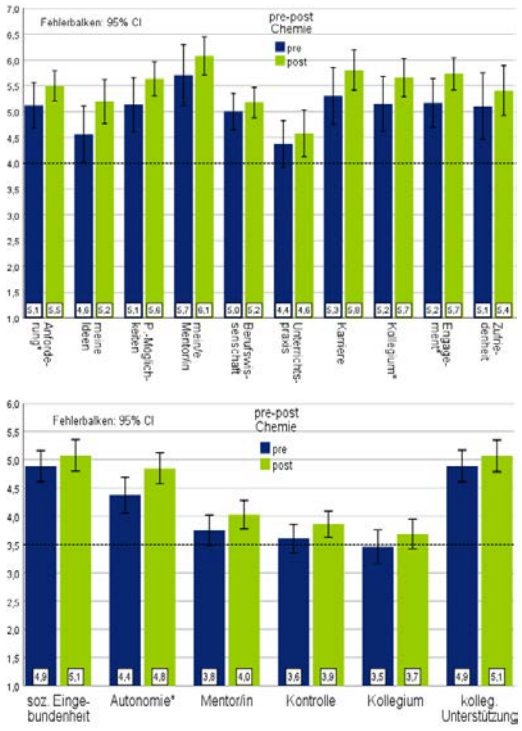


Abb. 2: *Skalen-Mittelwerte zu Beginn und zum Ende des Praxissemesters Chemie a) zum motivationalen Lernklima⁺ (Skala: 1 bis 7) und b) bzgl. der Beurteilung der ausgewählten und ergänzten SDT-Skalen (Skala: 1 bis 6)*

Mit Blick auf die *deskriptiv-statistischen Analysen* ist festzuhalten, dass die Skalen-Mittelwerte größer als die theoretischen Mittelwerte einer jeweiligen Skala ausfallen (Abb. 2). Das bringt zum Ausdruck, dass bereits zu Beginn des Praxissemesters die motivationalen Aspekte des Lern- und Ausbildungsklimas insgesamt positiv beurteilt wurden. Darüber hinaus ist festzustellen, dass alle Skalen-Mittelwerte im post-Test höher ausfallen, als dies im pre-Test der Fall gewesen ist. Dieser Befund spricht dafür, dass das motivationale Lern- und Ausbildungsklima am Ende der untersuchten Praxissemester sogar positiver wahrgenommen und beurteilt wurde.

Auch die Beurteilungen des eigenen chemiedidaktischen und pädagogischen Fähigkeitsselbstkonzepts konnte sichtlich (wenngleich auch nicht statistisch signifikant) verbessert werden (o.Abb.). Aufgrund der aufgezeigten Entwicklungen kann davon ausgegangen werden, dass die im Praxissemester ergriffenen Maßnahmen dazu geführt haben, dass die große Zahl der Risiko-Praktikant*innen zumindest zum Ende des Moduls deutlich reduziert werden konnte.

Angesichts der weiterhin als klein zu bezeichnenden und nicht repräsentativen Stichprobe werden wir weitere Studien und vertiefende Analysen zu diesem Thema anstreben.

Danksagung:
Mein besonderer Dank geht an alle Studierenden, die – wenn auch auf anonymisierter Weise – vertrauensvoll über ihr persönliches Erleben und ihre je unterschiedlichen Verhaltensmuster im Rahmen ihres Praxissemesters Auskunft gegeben haben. Ihre Bereitschaft zur Beteiligung an Forschungsarbeiten – wie dieser – ist m.E. nicht selbstverständlich.

Literatur

Amelang, M., & Zielinski, W. (1994). *Psychologische Diagnostik und Intervention.* Springer, Berlin.

AVEM Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebnismuster – Auswertungsprogramm Version 3.2.0.0. Pearson. http://www.pearsonassessment.de/Arbeitsbezogenes-Verhaltens-und-Erlebensmuster-2.html?listtype=search&searchparam=AVEM (Zugriff: 2017-04-21).

Bertels, N., Bolte, C. (2009). Lebenswelt- und Berufsorientierung - Fremdworte im Chemieunterricht. In: Höttecke, D. (Hg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. *Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven.* Münster: Lit-Verlag. S. 461-463.

Bolte, C. (1996). *Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht - Ergebnisse aus empirischen Studien zum Interaktionsgeschehen und Lernklima im Chemieunterricht*. Kiel: IPN Kiel Schriftenreihe (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).

Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht. *PdN/Chemie in der Schule*, 53(7), 33-37.

Bolte, C. (2017). MoLe^{+}-Fragebogen. Fragebogen zur Analyse des motivationalen Lernklimas in unterrichtspraxisbezogenen Ausbildungskontexten. Berlin: Freie Universität Berlin (Polyskript).

Bolte, C. (2019). Analyse des motivationalen Lern- und Ausbildungsklimas sowie der arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebnismuster von Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach zu Beginn ihres Praxissemesters. In: T. Leuders, E. Christophel, M. Hemmer, F.Korneck, & P. Labudde (Hg.). *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung*. (S. 63-74). Münster: Waxmann Verlag.

Bolte, C., & die Projektgruppe „Analysen zum Praxissemester“ (2018). Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach “ihr“ Praxissemester? In: C. Maurer (Hg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Universität Regensburg. (S. 718–721). http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_718_Bolte.pdf.

Bolte, C., Streller, S., Noto La Diega, R., Godowski, G., & Hoffmann, M. (angenommen - 2020). Anregungen und Maßnahmen zur Verzahnung von 1. und 2. Phase der Chemielehrer*innen-Bildung an der FU Berlin. Erscheint in: S. Habig (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen.

Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.

Deci, E., & Ryan, R. (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester: University of Rochester.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), (S. 393-405).

Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2015). *Statistik und Forschungsmethoden.* Basel: Beltz, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Elsholz; M. (2019). *Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*. *Band 272*. Logos Verlag Berlin.

Fraser, B. J. (1989). Twenty years of classroom climate work: progress and prospects. *Journal of Curriculum Studies*. *21*, 307-327.

Fraser, B. J. (2012). Classroom Learning Environments: Retrospect, Context and Prospect. In B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (eds.). *Second International Handbook of Science Education*. (pp 1191-1239). New York: Springer.

Krapp, A. (2002). An Educational-psychological theory of interest and its relation to SDT. In, E. Deci, & R. Ryan (eds.). *Handbook of self-determination research*. (pp. 405-429). Rochester: University of Rochester.

Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163-173.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2001). Bewältigungsmuster im Beruf. Persönlichkeitsunterschiede in der Auseinandersetzung mit der Arbeitsbelastung. Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2008) *Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster - AVEM Manual*. London: Pearson PLC, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Ed. Review*, 57, 1-22.

SPSS Statistics 24 Programm. https://spss.en.softonic.com/ (Zugriff: 2017-04-21)

unipark (2016). Umfragesoftware. © Copyright 2017 UNIPARK & QuestBack. http://www.unipark.com/ (Zugriff: 2017-04-21).

Heiko Hoffmann[1] [1]Provadis Hochschule Frankfurt am Main
Michael W. Tausch[2] [2]Bergische Universität Wuppertal

Modellreaktionen für Basiskonzepte der Photochemie mit Sonnenlicht oder LED-Lichtquellen

Die Photochemie ist eine aktuelle Facette der Chemie und erlebte in den letzten Jahren eine Renaissance, u.a. im Zusammenhang mit den Fragen nach erneuerbaren bzw. sauberen Energiequellen bzw. nach nachhaltigen Synthesen und Prozessen mit Solarlicht (Cambié & Noël, 2018; Dantas, Correia, Paixão & Corrêa, 2019). Sie ist relevant sowohl in der Natur als auch im Alltag und der Industrie, und daher auch in der Bildung im Allgemeinen.

Ihr Verständnis bedarf teilweise anderer Konzepte als klassische chemische Reaktionen ("Dunkelreaktionen"). Anhand zweier Modellreaktionen (Tausch & Hoffmann, 2016) können die Konzepte in den Unterricht integriert und experimentell erschlossen werden: Die Photo-Pinakolisierungen bzw. Photo-Reduktionen von 1.) Benzophenon in 2-Propanol und von 2.) Aesculin wurden als in der Schule mit einfachen apparativen Mitteln durchführbare Photo-Redoxreaktionen gewählt, wobei der Umsatz der Modellverbindungen visuell beobachtet werden kann durch Präzipitatbildung bzw. Fluoreszenzlöschung (siehe unten).

Zur Bestrahlung können kostengünstige UVA-LED-Lichtquellen (Firma Sahlmann Photochemical Solutions, Abb.1A) genutzt werden. Als Mikromaßstabs-Reaktionsgefäße bieten sich 1 mL-Borosilikat-HPLC-Vials oder Ähnliches an, ausgestattet mit einem Kleinst-Magnetrührer zur Durchmischung. Durch Aufbau des Setups in einer einfachen Einhausung aus schwarzer Pappe können die Experimentator*innen zuverlässig vor der UV-Strahlung geschützt werden (Abb. 1B). Bei eingeschalteter Lichtquelle sollte auf der Einhausung ein darauf hinweisendes Schild positioniert werden, um unbeabsichtigtes Öffnen zu verhindern. Alternativ können weitere publizierte Vorschläge zum sicheren Arbeiten mit UV-Quellen bzw. zu *low-cost*-Equipment für photochemische Reaktionen genutzt werden (Hoffmann & Tausch, 2018).

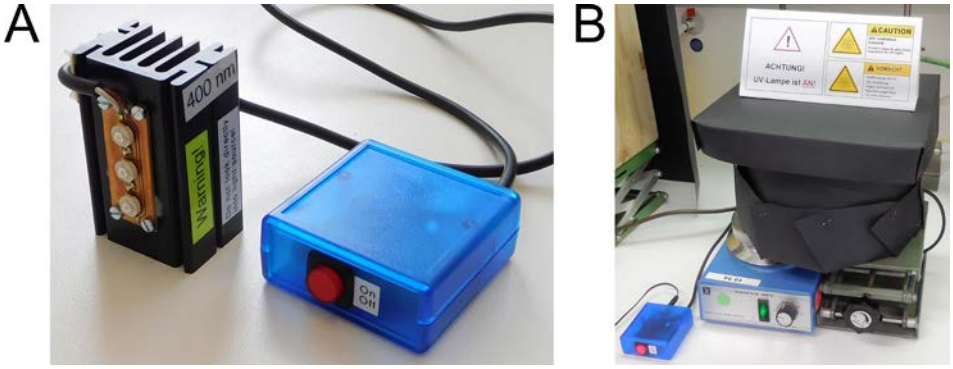


Abb.1: A) LED-Lichtquelle. B) Experimentalaufbau innerhalb einer Einhausung aus schwarzer Pappe zum Schutz vor UV-Strahlung und sichtbarer Strahlung hoher Intensität.

Photo-Pinakolisierung von Benzophenon in 2-Propanol

Die Umsetzung von Benzophenon zu Benzpinakol (Abb. 2A) ist eine mechanistisch gut untersuchte Reaktion (Viltres Costa, Grela & Churio, 1996; Churio & Grela, 1997): Nach photochemischer Anregung der Ketofunktion kann diese als 1,2-Biradikal aufgefasst werden: Das am Sauerstoffatom lokalisierte Radikal abstrahiert ein H-Atom von der 2-Position des Donators 2-Propanol, da das dabei gebildete Isopropyl-Ketylradikal durch drei Nachbargruppeneffekte stabilisiert wird (+M-Effekt und +I-Effekte). Durch Radikal-Transfer wandeln Isopropyl-Ketylradikale in Benzhydryl-Ketylradikale um (nicht gezeigt). Die Benzhydryl-Ketylradikale rekombinieren zu Benzpinakol, das als Hauptprodukt ausfällt.

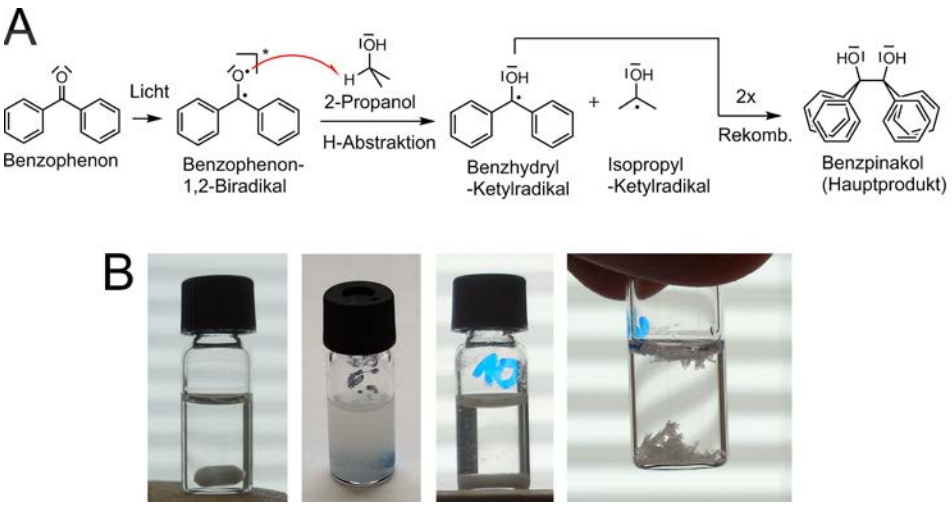


Abb.2: A) Vereinfachter Reaktionsmechanismus der Bildung von Benzpinakol.
B) Der Reaktionsfortschritt ist anhand der Präzipitatmenge in den Ansätzen erkennbar: Unbestrahlt, bestrahlt, bestrahlt nach Sedimentation des Präzipitats, auf der Fensterbank langsam gewachsene Produktkristalle (von links nach rechts).

Anhand der Beobachtungen, ob, wann, und wieviel Präzipitat auftritt (Abb. 2B), können folgende Konzepte der Photochemie thematisiert werden:

- Zur Anregung ist ein Überlapp zwischen dem Benzophenon-Absorptionsspektrum und dem Emissionsspektrum der Lichtquelle nötig.
- Die Bestrahlungszeit und -stärke hängen vom Abstand zur Lichtquelle ab.
- Umsatz tritt auch durch Sonnenlicht-Exposition auf der Fensterbank auf.
- Durch Zusatz von Naphthalin als *Quencher* werden angeregte Benzophenon-Moleküle „gelöscht“, so dass weniger Umsatz bzw. spätere Präzipitatbildung auftritt.
- Sauerstoff-Anwesenheit und -Abwesenheit können verglichen werden: Bei O_2-Präsenz treten *Quenching* und Peroxidbildung auf.
- In Konkurrenzreaktionen entstehen O_2-empfindliche, farbige Nebenprodukte.

Die Reaktion verläuft in verschiedenen Alkoholen unterschiedlich rasch (ketylradikal-stabilisierende Nachbargruppeneffekte). Relaxationsprozesse im Jablonski-Diagramm und der Begriff der Quantenausbeute können didaktisch-reduziert besprochen werden.

Fluoreszenzlöschung von Aesculin

Die hell-bläulich leuchtende Fluoreszenz des Naturstoffs Aesculin kann vermutlich ebenfalls durch eine Photopinakolisierung intramolekular (in Wasser) oder intermolekular (in Alkoholen) gelöscht werden (Tausch & Balzer, 1998; Meuter, 2012; Abb. 3A,B). Dies erfolgt in den verschiedenen Lösemitteln unterschiedlich schnell, und es treten verschiedene Produkte auf, die mittels Dünnschichtchromatographie beobachtet werden können. Die Modellreaktion kann auch genutzt werden zur Visualisierung der mittleren Verweilzeit in einem mikrostrukturierten Strömungsrohr; zusammen damit kann das Konzept des Volumenstroms im Unterricht eingeführt werden (Tausch & Hoffmann, 2016; Abb. 3C).

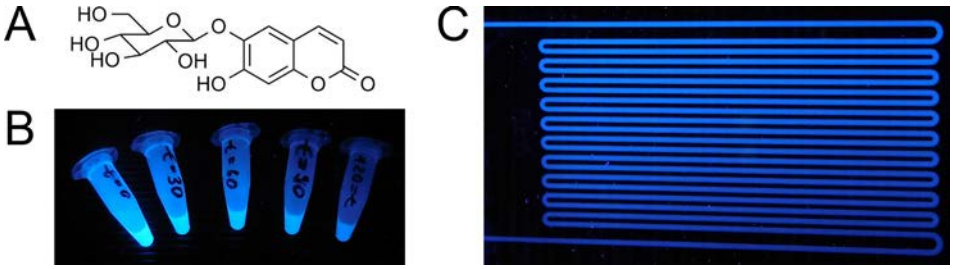


Abb.3: A) Strukturformel von Aesculin. B) Fluoreszenzlöschung durch Variation der Bestrahlungszeit. C) Fluoreszenzlöschung im kontinuierlichen Fluss.

Zusammenfassung

Verzahnt mit den bereits genannten Konzepten der Photochemie (Abb. 4) können die folgenden obligatorischen Basiskonzepte anhand der Modellreaktionen behandelt werden:

- Stoff-Teilchen-Konzept
- Donator-Akzeptor-Konzept
- Energie-Konzept
- Struktur-Eigenschaften-Konzept

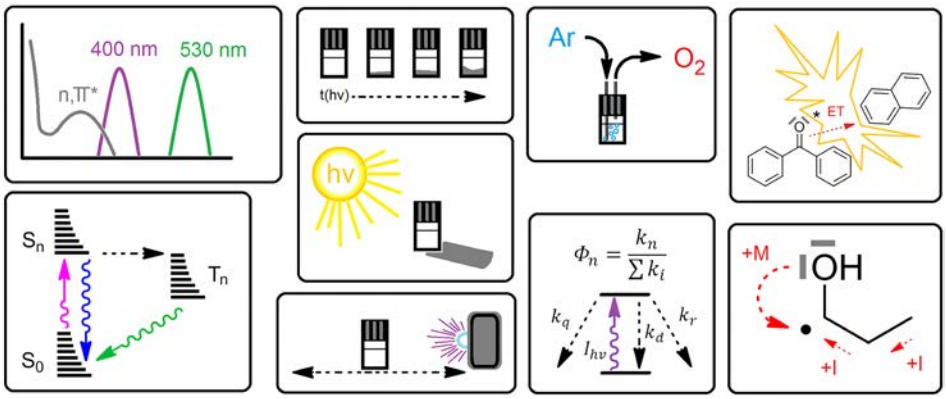


Abb.4: Zusammenfassende Kachel-Darstellung der genannten Konzepte der Photochemie.

Literatur

Cambié, D. & Noël, T. (2018). Solar Photochemistry in Flow. Topics in Current Chemistry, 376 (45), 1-27

Churio, M.S. & Grela, M.A. (1997). Photochemistry of Benzophenone in 2-Propanol. Journal of Chemical Education, 74 (4), 436-438

Dantas, J.A., Correia, J.T, Paixão, M.W. & Corrêa, A.G. (2019). Photochemistry of Carbonyl Compounds: Application In Metal-Free Reactions. ChemPhotoChem, 3, 1-16

Hoffmann, H. & Tausch, M.W. (2018). Low-Cost Equipment for Photochemical Reactions. Journal of Chemical Education, 95 (12), 2289-2292

Meuter, N.T. (2012). Extraktion, Lumineszenz und photochemisches Verhalten von Aesculin aus Kastanienzweigen - Schulversuche mit Aesculin. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt, Bergische Universität Wuppertal.

Sahlmann Photochemical Solutions: https://www.sahlmann-ps.de, letzter Aufruf am 13.10.2019

Tausch, M.W. & Balzer, M. (1998). Die Ketone und das Licht. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 47 (7), 14-20

Tausch, M.W. & Hoffmann, H. (2016). Modellreaktionen mit Sonnenlicht oder Taschenlampe. Nachrichten aus der Chemie, 64, 1090-1093

Viltres Costa, C., Grela, M.A. & Churio, M.S. (1996). On the yield of intermediates formed in the photoreduction of benzophenone. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 99, 51-56

Marvin Rost Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Empirische Struktur von Modellnutzung im Chemieunterricht

Motivation & Problemstellung

Die allgegenwärtige Verwendung von Modellen in den Naturwissenschaften wird sowohl in den Bildungsstandards als auch in der fachdidaktischen Forschung widergespiegelt. Das breite Verständnis von Modellen führt dabei zu begrifflichen und empirischen Herausforderungen. Während beispielsweise der Rahmenlehrplan für das Fach Chemie in der Sekundarstufe I in Berlin vorsieht, dass Schülerinnen und Schüler (SuS) „Modelle bezüglich ihrer Eignung prüfen […]“ sollen (Berliner Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie, 2016), ist gar nicht expliziert, welche Kriterien zur Eignung vorliegen. Zusammenfassend sollen SuS mithilfe von Modellen eine hypothetisch-deduktive Denkweise erlernen und einüben, ohne dass vollständig geklärt wäre, wie diese Anforderung beschrieben und strukturiert werden soll. Das kann – außerhalb solcher normativen Überlegungen – auch als Desiderat aus dem aktuellen Forschungsstand abgeleitet werden (Krüger, Kauertz & Upmeier zu Belzen, 2018; Gilbert & Justi, 2016). In empirischer Hinsicht sind Forschungsergebnisse zur Nutzung von Modellen als Mittel der Erkenntnisgewinnung und zur Modellierung, d.h. der selbstständigen Konstruktion von Modellen auf Basis eines Phänomens, sehr heterogen (Nicolaou & Constantinou, 2014). Für diese empirische Heterogenität wird ein uneinheitlicher Begriffsrahmen verantwortlich gemacht (ebd., S. 72), der im vorliegenden Projekt auf die nicht explizierten epistemologischen Grundannahmen zurückgeführt wird: Die Annahme, ein Modell sei nützlich, wenn es eine korrekte, strukturanaloge Abbildung eines Originals wäre, setzt bei der Eignungsprüfung voraus, dass das Original überhaupt strukturell zu erkennen wäre. Das ist bei submikroskopischen Teilchen beliebig schwierig. Die Annahme, ein Modell sei hingegen nützlich, wenn es dem Original nur vorbehaltlich strukturell analog wäre und vor allem für die Generierung prüfbarer Hypothesen diente, setzt bei der Eignungsprüfung keinen Original-Modell-Vergleich voraus. Aus den beiden exemplarischen Annahmen leiten sich jeweils andere Kriterien für eine empirische Fähigkeits- und/oder Dimensionalitätsprüfung ab. Aus diesem Grund wird eine Forschungslücke identifiziert, die kontext- und chemiespezifische Aufgaben für das Durchlaufen des hypothetisch-deduktiven Denkens mithilfe von Modellen fordert. Deren Konstruktion und Prüfung soll auf die epistemologischen Grundannahmen zurückgeführt und anschließend daran reflektiert werden, um einen Beitrag zur Begriffsklärung zu leisten.

Theoretischer Hintergrund & Fragestellung

Modelle zum Durchlaufen hypothetisch-deduktiver Denkschritte (Nehring, Nowak, Upmeier zu Belzen & Tiemann, 2015) oder das Modellieren in problemorientierten Umgebungen (Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Achér, Fortus, Shwartz, Hug & Krajcik, 2009) sind bereits dokumentiert und geprüft worden. Als theoretische Rahmung für eine zweckorientierte Modellnutzung sind der wissenschaftliche Realismus (z.B. Devitt, 2006) und der konstruktive Empirismus (z.B. Van Fraassen, 1980) zielführend. Ersterer geht von der realen Existenz von Atomen aus, die sich wie kleine Kugeln verhalten, weil sie die beste Erklärung für beobachtete Phänomene sind. Zweiterer zweifelt deren Existenz nicht notwendigerweise an, stellt aber die Frage nach der Realität ihrer Eigenschaften in den Hintergrund. Wichtig sei nicht, ob Atome wirklich so existieren, sondern ob ihre vorbehaltlich formulierten Eigenschaften „das Phänomen retten.“ (Van Fraassen, 1980, S. 41 ff., Übers. d. Autors).

Diese Unterscheidung ist für Lehr-/Lernprozesse keineswegs trivial. Das Planetenmodell von Atomen wird im Schulunterricht völlig selbstverständlich neben Lewis-Strukturformeln verwendet. Im ersten Fall bewegen sich die Elektronen in kreisförmigen Bahnen um den Atomkern, im zweiten Fall wird impliziert, dass Elektronen feste räumliche Positionen einnehmen. Gleichzeitig ist beides nicht möglich. Es wird hier angenommen, dass der Realitätsgehalt beider Modelle keine dominante Rolle in Erkenntnisgewinnungsprozessen spielt, sondern viel mehr ihre Zweck- und Situationsgebundenheit (vgl. Krüger et al., 2018). Diese Position wird in aktuellen epistemologischen Diskussionen aufgegriffen. Mahr (2015) unterscheidet das Modellobjekt deutlich vom zu Modellierenden Sachverhalt und formuliert zwei Perspektiven auf das Modellobjekt, nämlich Modell *von* etwas und Modell *für* etwas zu sein. Die subjektgesteuerte Zweckbestimmung eines Modells wird so von der Frage getrennt, wie real es den jeweiligen Sachverhalt tatsächlich abbildet. Außerdem unterscheidet er auf diese Weise prinzipiell zwischen der Tätigkeit des Modellierens und der Modelnutzung. Einen noch stärkeren Fokus auf das Subjekt (hier: den Modellnutzer) legt Knuuttila (2011), indem Modelle als *epistemische Werkzeuge* (ebd.) keinen unmittelbar repräsentativen (d.h. strukturell abbildenden) Charakter mehr benötigen, um für Erkenntnisgewinnung nützlich zu sein (ebd., S. 266). Für einen Übergang zu empirischen Untersuchungen bedarf diese theoretische Rahmung aber einer Konkretisierung für eine einheitliche Aufgabenkonstruktion (Terzer, Hartig & Upmeier zu Belzen, 2013). Einerseits sollen die problemhaltigen Aufgaben chemiespezifisch sein, andererseits soll ein generalisierbares Framework verwendet werden, um die Aufgaben vergleichbar zu halten. Zu diesem Zweck wurde eine Beschreibung für Modelle (Lesh & Doerr, 2003) verwendet, die in der chemiedidaktischen Forschung bereits eingesetzt wurde (Schwarz et al., 2009; Bodner & Briggs, 2005), dessen Dimensionalitätsprüfung bisher aber aussteht. Danach können Modellobjekte kontextunabhängig mit vier Komponenten beschrieben werden.

- Die *elements* sind die kleinsten Sinneinheiten in einem Modell (bspw. Elektronen).
- Die *relations* sind Verhältnisse zwischen den Sinneinheiten (bspw. Energiedifferenzen).
- Die *operations* sind Veränderungen der Verhältnisse (bspw. Wechsel eines Energieniveaus).
- Die *rules* sind formallogische Verknüpfungen zur Verknüpfung der anderen drei Komponenten (bspw. Wenn-Dann-Sätze).

Wären diese Komponenten empirisch in problemorientierten, chemiespezifischen Aufgaben wiederzufinden, so könnte zu einem stärker verallgemeinerbaren Begriffsrahmen für hypothetisch-deduktive Modellnutzung beigetragen werden.

Die leitende Forschungsfrage des Projekts lautet: *Können Aufgaben konstruiert werden, die die theoretisch angenommene vierdimensionale Struktur von Modellen in chemiespezifischen Aufgaben empirisch widerspiegeln?*

Methode

Die Konstruktion der Aufgaben wurde in vier Hauptschritten durchgeführt. *A)* Nach einem Expertenrating zur Zuordnung der Modellbestandteile in verschiedenen Kontexten ($N = 7$, $\kappa = .43–.82$) und anschließender Überarbeitung mit Rücksprache, wurden offene Aufgaben konzipiert. *B)* SuS ($N = 42$) der 9. Jahrgangsstufe eines Berliner Gymnasiums wurden aufgefordert bspw. die kleinsten Sinneinheiten („*Beschreibe die einzelnen Bestandteile des Modells!*“) eines Modells zu benennen. *C)* Mit den so gewonnenen Informationen wurde ein Konstruktionsmanual für Multiple-Choice-Aufgaben (1 aus 4) erstellt, von denen 60 Aufgaben in einer quantitativen Pilotstudie in der 10. Jahrgangsstufe von Berliner Gymnasien und Sekundarschulen bearbeitet wurden ($N = 254$). Es wurde eine Distraktorenanalyse, eine deskriptive Untersuchung von Zusammenhängen mit Kovariablen (Lesegeschwindigkeit- und Verständnis, kognitive Fähigkeiten, Chemie-, Deutsch- und

Mathematiknote, Interesse an den Kontexten, kontextspezifisches Fachwissen) und eine Rasch-Skalierung ($wMNSQ_{min}$ = .89, $wMNSQ_{max}$ = 1.15, *EAP/PV* = .41) der Aufgaben vorgenommen. Zudem gibt es aus dem Datensatz der Vorstudie bereits empirische Hinweise auf eine Mehrdimensionalität nach der DETECT-Statistik (*DETECT* > 1.0, *ASSI* > .25, *RATIO* > .36, vgl.: Jang & Roussos, 2007; Zhang, 2007). *D)* Parallel wurde das Konstruktionsmanual überarbeitet und die 60 Aufgaben finalisiert, indem bspw. die Anzahl der vorhandenen Fachbegriffe oder Abbildungen so einheitlich wie möglich gestaltet wurden. Mit den finalen Aufgaben wurde die Hauptstudie an Berliner Gymnasien in der 10. Jahrgangsstufe durchgeführt (N = 524). Aufgrund der hohen Missing-by-Design-Rate Rechnung zu tragen, wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse unter dem IRT-Paradigma angewendet (Hartig & Frey, 2013; Chalmers, 2012; Hartig & Höhler, 2009). Dabei wurden die in der Vorstudie geschätzten Aufgabenschwierigkeiten (M = .62, SD = .65) unter Normalverteilungsannahme (Shapiro-Wilk: W = .97, p = .19) als Prior gesetzt, um die Berechnung zu stabilisieren. Für den Modellvergleich wurde ein G-Faktor als plausibel angenommen. Dieser bildet im Messmodell die übergeordnete Fähigkeit zur Modellnutzung ab.

Ergebnisse

Beim Modellvergleich nach bayesianischem Ansatz, ist das G-Faktormodell zwar eine gute Erklärung für die Daten, unter dem Aspekt der Modellsparsamkeit wäre aber dem eindimensionalen Modell der Vorrang zu geben (Tabelle 1). Die eindeutige Rückführung der Ergebnisse auf eine vierdimensionale Struktur kann darum nicht aufrechterhalten werden. Weil der Bayes-Faktor aber einen direkt interpretierbaren Zugang auf die Wahrscheinlichkeit für oder gegen ein Modell bietet (Stefan, Gronau, Schönbrodt & Wagenmakers, 2019) und der direkte Modellvergleich allein an Informationskriterien ambivalent diskutiert wird (Fox, 2010), gibt es auch empirische Evidenz für das komplexere Modell. Die EAP-Reliabilitäten für den eindimensionalen Fall (*EAP/PV* = .52), sowie für die Dimensionen des G-Faktormodells (*EAP/PV* = .17-.52) sind niedrig, liegen aber im üblichen Bereich für diese Art Fähigkeitstests (Hartmann, Upmeier zu Belzen, Krüger & Pant, 2015).

Tabelle 1: Modellvergleich von ein- und vierdimensionaler Skalierung, sowie unter Annahme einer G-Faktorstruktur.

N (Dim)	AIC	BIC	logLik	df	Bayes-Faktor
1	8881	9126	-4382	-	-
4	8936	9219	-4401	9	>100
4 + G	8963	9475	-4360	63	0

Ausblick

Die Befunde stützen den Versuch, einen über alle verwendeten Problemkontexte generalisierbaren Ansatz zur Modellnutzung für hypothetisch-deduktives Denken zu beschreiben. Es ist die verhältnismäßig geringe Fallzahl zu berücksichtigen, die höherdimensionale Strukturschätzungen schwierig macht. Die strenge Standardisierung zur Operationalisierung der epistemologischen Grundannahmen und das Multiple-Choice-Format lassen wenig Spielraum für einen kreativen Umgang mit problemhaltigen Umgebungen. Der iterative Charakter der Modellnutzung (Schwarz et al., 2009) wird ebenfalls nicht berücksichtigt. Trotzdem können die empirischen Hinweise auf die Mehrdimensionalität und der theoretische Unterbau konsistent aufeinander bezogen werden: Die Modellkomponenten erklären einen Teil der Antwortmuster. So können zukünftig Problemlösestrategien unter expliziter Modellnutzung zielgenauer realisiert werden, als es bisher der Fall ist (Nicolaou & Constantinou, 2014).

Literatur

Berliner Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie (2016), Rahmenlehrpläne Teil C. Chemie. Jahrgangsstufen 7-10. URL: https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf . Zuletzt abgerufen: 12.10.2019.

Bodner, G. M. & Briggs, M. W. (2005), A Model of Molecular Visualization. In J. K. Gilbert (Hg.), Visualization in Science Education. Dordrecht: Springer, 90-105.

Chalmers, R. P. (2012), mirt: A Multidimensional Item Response Theory Package for the R Environment. Journal of Statistical Software, 48(6), 1-29.

Devitt, M. (2006), Scientific Realism. In P. Greenough & M. P. Lynch (Hg.), Truth and Realism. Oxford: Oxford University Press, 100-124.

Fox, J.-P. (2010). Bayesian Item Response Modeling. Theory and Applications. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Gilbert, J. K. & Justi, R. (2016). Models of Modelling. In J. K. Gilbert & R. Justi (Hg.), Modelling-based Teaching in Science Education. Models and Modeling in Science Education 9. Switzerland: Springer, 17-40.

Hartig, J. & Frey, A. (2013), Sind Modelle der Item-Response-Theorie (IRT) das „Mittel der Wahl“ für die Modellierung von Kompetenzen? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 16, 47-51.

Hartig, J., Höhler, J. (2009), Multidimensional IRT models for the assessment of competencies. Studies in Educational Evaluation, 35, 57-63.

Hartmann, S.; Upmeier zu Belzen, A.; Krüger, D. & Pant, H. A. (2015), Scientific Reasoning in Higher Education. Constructing and Evaluating the Criterion-Related Validity of an Assessment of Preservice Science Teachers' Competencies. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), 47-53.

Jang, E. E. & Roussos, L. (2007), An investigation into the dimensionality of TOEFL using conditional covariance-based nonparametric approach. Journal of Educational Measurement, 44, 1-21.

Knuuttila, T. (2011), Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. Studies in History and Philosophy of Science, 42, 262-271.

Krüger, D.; Kauertz, A. & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, H. Schecker & I. Parchmann (Hg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer, 141-157.

Lesh, R. & Doerr, H. M. (2003), Foundations of models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. M. Doerr (Hg.), Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching. Mahwah (NJ): Erlbaum, 3-33.

Mahr, B. (2015), Modelle und ihre Befragbarkeit. Grundlagen einer allgemeinen Modelltheorie. Erwägen Wissen Ethik – Streitforum für Erwägungskultur, 26(3), 329-342.

Nehring, A.; Nowak, K. H.; Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2015), Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. International Journal of Science Education, 37(9), 1343-1363.

Nicolaou, C. T. & Constantinou, C. P. (2014), Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. Educational Research Review, 13, 52-73.

Schwarz, C. V.; Reiser, B. J.; Davis, E. A.; Kenyon, L.; Achér, A.; Fortus, D.; Shwartz, Y.; Hug, B. & Krajcik, J. (2009), Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 632-654.

Stefan, A. M.; Gronau, Q. F.; Schönbrodt, F. D. & Wagenmakers, E.-J. (2019). A tutorial on Bayes Factor Design Analysis using an informed prior. Behavior Research Methods, 51, 1042-1058.

Terzer, E.; Hartig, J. & Upmeier zu Belzen, A. (2013), Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 51-76.

Van Fraassen, B. (1980), Arguments Concerning Scientific Realism. In B. Van Fraassen (Hg.), The Scientific Image. Oxford: Oxford University Press, 6-40.

Zhang, J. (2007), Conditional covariance theory and DETECT for polytomous items. Psychometrika, 72, 69-91.

Kübra Nur Celik Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Ein chemisches Wissensnetz – Analyse von möglichen Lernwegen

Projekthintergrund und –ziele

Die Veröffentlichung der Ergebnisse von internationalen Schulleistungsstudien wie z. B. PISA, in denen die unter den Erwartungen zurückbleibenden Leistungen von Schülerinnen und Schülern in den naturwissenschaftlichen Fächern aufgedeckt wurden (Baumert et al., 2001), war mit einer bildungspolitischen Diskussion verbunden, Bildungsstandards u. a. für die naturwissenschaftlichen Fächer zu initiieren. Diese wurden folglich als Regelstandards (Kompetenzstufe III) in das Schulwesen eingeführt (Klieme et al., 2007). Auch nationale Studien wie z. B. der IQB-Ländervergleich 2012 haben gezeigt, dass vor allem Schülerinnen und Schüler in Nordrhein-Westfalen, die an einer nicht gymnasialen Schulform den mittleren Schulabschluss anstreben, nicht die geforderten fachlichen Kompetenzen im Kompetenzbereich *Fachwissen* erreichen, sodass grundlegendes Chemiewissen fehlt (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Pöhlmann, 2013) und diese Defizite unter Umständen nicht mehr in den weiteren Lernjahren aufgeholt werden können. Möglicherweise ist die systematische, hierarchisch aufgebaute Struktur des Faches Chemie, die sich aus der logischen Vernetzung von fachlichen Konzepten – hier Kernideen – ergibt, die Ursache dafür. Fehlt solch eine systematisch vernetzte Struktur, erschwert es den kumulativen Aufbau einer vernetzten Wissensstruktur (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; Fischer, Glemnitz, Kauertz & Sumfleth, 2007). Durch die hier im Projekt verfolgte systematische Vernetzung wird den Schülerinnen und Schülern ermöglicht kumulativ zu lernen, indem sie neue Ideen und Konzepte in ihr bestehendes Wissen integrieren. Vorangehende Kernideen müssen somit verstanden werden, um darauf aufbauende Kernideen verstehen zu können. Den theoretischen Rahmen bilden dabei *Learning Progressions*, die mögliche Lernwege aufzeigen, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe eines bestimmten Zeitraums erworben haben sollen (Abbott, 2014; Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Ziel der Studie ist es daher, die inhaltliche Strukturierung von chemischen Fachinhalten für die ersten beiden Lernjahre der Sekundarstufe I zu untersuchen. Dazu wurden grundlegende chemische Konzepte (Kernideen) beschrieben und miteinander in einer strand map – einem Verfahren bzw. einer Darstellungsform zur Vernetzung des fachlichen Wissens – vernetzt, um mögliche Lernwege aufzuzeigen und die Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen.

Forschungsfrage und Design

Die folgende Forschungsfrage soll in dieser Studie beantwortet werden: Können die in der strand map systematisierten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

Als Grundalge für die Entwicklung der Learning Progressions wurden die drei Basiskonzepte *Struktur der Materie, Chemische Reaktion* und *Energie* (MSW NRW, 2011) gewählt. Dazu wurden Kernideen für die genannten drei Basiskonzepte für die ersten beiden Chemielernjahre formuliert. Die formulierten 57 Kernideen wurden analog zum AAAS Projekt (AAAS, 2007) in einer strand map innerhalb eines Basiskonzept und zwischen den Basiskonzepten so miteinander vernetzt, dass – in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge – hypothetische Lernwege eingezeichnet wurden. Zu jeder Kernidee wurden in der Regel fünf Items im Multiple-Choice Single-Select entwickelt, in einer Pilotstudie in Bezug auf

ihre Testgüte überprüft und in der Hauptstudie in einem Multi-Matrix-Design quasi-längsschnittlich über die ersten drei Lernjahre hinweg zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt, um die Abhängigkeiten empirisch zu untersuchen.

Ergebnisse

Die IRT-Analysen wurden mit ConQuest® berechnet und weisen gute Fit-Statistiken auf (siehe *Tab. 1*).

Tab. 1: Fit-Statistiken für die Items für den Kompetenzbereich Fachwissen

Messzeitpunkt	Itemanzahl	Itemreliabilität	EAP/PV Reliabilität	wMNSQ-Werte	t-Werte
1	348	.931	.834	.79 – 1.35	-3.4 – 3
2	348	.929	.831	.72 – 1.33	-3.7 – 6.4

Da es kein einheitliches Verfahren gibt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen zu überprüfen, werden hier zwei verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Foki kombiniert: Der McNemar-Test und die Bayesschen Netze. Die untersuchten Abhängigkeiten werden exemplarisch für den in *Abb. 1* dargestellten Ausschnitt aufgezeigt. Die eingezeichneten Pfeile bedeuten, dass die Kernidee, von dem der Pfeil abgeht, die Voraussetzung für den Erwerb der Kernidee ist, zu dem der Pfeil hinführt.

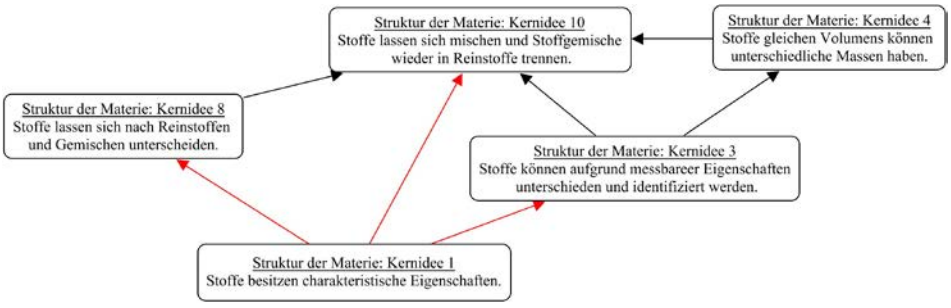


Abb. 1. Ausschnitt aus der strand map für das Basiskonzept Struktur der Materie des 1. Lernjahres

Um Aussagen darüber treffen zu können, ab welchem Wert eine Kernidee als verstanden gilt, wurde zunächst ein Binomialtest gerechnet, um so die Ratewahrscheinlichkeit beim Ausfüllen des Tests ausschließen zu können (Bühl, 2016). Für fünf Items bedeutet dies, dass mindestens vier von fünf Aufgaben richtig beantwortet werden müssen.

Für die Überprüfung der Abhängigkeiten zwischen zwei Kernideen wurde der McNemar-Test eingesetzt. Dieser gibt an, ob sich das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler für einen bestimmten Zeitpunkt (einem Messzeitpunkt) innerhalb zwei verschiedener Kernideen und über einen Zeitraum (zu zwei Messzeitpunkten) zwischen den gleichen Kernideen verändert hat oder nicht (Field, 2013; Wirtz & Caspar, 2002). Für die rot gekennzeichneten Abhängigkeiten in *Abb. 1* konnte eine signifikante Abhängigkeit festgestellt werden. Die schwarzen Pfeile zeigen hier an, dass nach dem McNemar-Test keine signifikante Abhängigkeit vorliegt.

Die Überprüfung der Abhängigkeiten von größeren Ausschnitten des Wissensnetzes erfolgt mit den Bayesschen Netzen. Die Analysen wurden mit der Software Netica® durchgeführt. Dieser gibt die konditionalen Wahrscheinlichkeiten für die untersuchten Kernideen in einer Tabelle (*Conditional Probability Table* (CPT) aus (Wei, 2014), anhand derer man Aussagen darüber treffen kann, welche Kernidee möglicherweise einen größeren Einfluss auf das

Verständnis einer anderen Kernidee hat. Für den in *Abb. 1* dargestellten Ausschnitt, genauer für Kernidee 10, wurde eine *Conditional Probability Table* (*Abb. 2*) ausgegeben. Rechts in der Tabelle sind die prozentualen Anteile der Schülerinnen und Schüler, die in Abhängigkeit von den anderen, mit der Kernidee 10 verbundenen Kernideen, die Kernidee 10 beherrschen (*state 1*) oder nicht beherrschen (*state 0*), dargestellt. Hier wird deutlich, dass Kernidee 1 den größten Einfluss auf Kernidee 10 hat, denn ca. 66.7 % der Schülerinnen und Schüler, die Kernidee 10 verstanden haben, haben auch Kernidee 1 verstanden, während etwa 33.3 % dieser Schülerinnen und Schüler diese Kernidee nicht verstanden haben. Diese Erkenntnis deckt sich mit den im McNemar-Test dargestellten Ergebnis, das zumindest zwischen Kernidee 1 und 10 eine Abhängigkeit besteht.

SDM7_K1	SDM7_K3	SDM7_K4	SDM7_K8	state0	state1
state0	state0	state0	state0	86.667	13.333
state0	state0	state0	state1	50	50
state0	state0	state1	state0	50	50
state0	state0	state1	state1	50	50
state0	state1	state0	state0	75	25
state0	state1	state0	state1	50	50
state0	state1	state1	state0	50	50
state0	state1	state1	state1	50	50
state1	state0	state0	state0	33.333	66.667
state1	state0	state0	state1	66.667	33.333
state1	state0	state1	state0	50	50
state1	state0	state1	state1	50	50
state1	state1	state0	state0	50	50
state1	state1	state0	state1	66.667	33.333
state1	state1	state1	state0	66.667	33.333
state1	state1	state1	state1	33.333	66.667

Abb. 2. Conditional Probability Table für Kernidee 10 (erstellt mit Netica®)

Fazit und Ausblick

Learning Progressions bieten die Möglichkeit die fachlichen Kernideen hypothetisch zu vernetzen und die dargestellten Lernwege empirisch zu überprüfen. Die untersuchten Abhängigkeiten konnten zum Teil bestätigt werden, wobei es einen Anteil gibt, der nicht signifikant abhängig zu sein scheint. Inhaltlich gesehen ist dies an einigen Stellen recht plausibel, da im Unterricht z. B. die Stofftrennung in einigen Unterrichtsstunden behandelt wird, ohne dass weitere elementare Konzepte an diesen angeknüpft sind. Die Festlegung des Grenzwertes bei dem Binomialtest ist vor dem Hintergrund der vorgefundenen Testwerte, dass – wie auch internationale und nationale Studien gezeigt haben – viele Schülerinnen und Schüler nicht die erforderlichen Kompetenzen erreichen, zu streng gesetzt und führt vermutlich zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Abhängigkeiten bzw. dazu, dass über viele angenommenen Beziehungen keine Aussagen getroffen werden können. Für die Diskussion der strand map mit den Lehrkräften wurde daher die Grenze des Binomialtests (auf drei von fünf Items) herabgesetzt und in ein „Ampelsystem“ überführt, die beide Analysen berücksichtigt: Wenn mindestens vier Items gelöst wurden, liegt empirisch gesichert eine Abhängigkeit zwischen zwei Kernideen vor, deren Beziehung grün gekennzeichnet wird. Ist sie orange, so liegt vermutlich eine Abhängigkeit vor (mindestens drei korrekte Antworten). Wurden weniger als drei Items gelöst, wird keine Abhängigkeit angenommen, sodass diese Verbindung rot dargestellt wird.

Die vorliegenden Ergebnisse sollten mit Vorsicht interpretiert werden. Aufgrund des Studiendesigns konnten nicht alle Schülerinnen und Schüler die gleichen Aufgaben beantworten. Daher liegen zu den Items einiger Kernideen nicht viele Schülerantworten vor, sodass dies möglicherweise die Analyse der Abhängigkeiten beeinflusst.

Cross-lagged-panel Analysen über beide Messzeitpunkte stehen noch aus.

Literatur

Abbott, S. (2014). The Glossary of Education Reform. Learning Progression. Abgerufen unter: http://edglossary.org/learning-progression/ [27.09.2016].

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.

Bühl, A. (2016). SPSS 23. Einführung in die moderne Datenanalyse. Hallbergmoos: Pearson.

Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (Hrsg.) (2009). Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform. Philadelphia, PA: CPRE.

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial – Learning Progressions: Aligning Curriculum, Instruction, and Assessment. Journal of Research in Science Teaching, 46 (6), 606-609.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Hrsg.) (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academies Press.

Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage Publications.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer, 657-678.

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Ricquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2007). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Expertise. Bonn, Berlin: BMBF.

KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005c). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Ministerium Für Schule und Weiterbildung NRW (MSW NRW) (2011). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Frechen: Ritterbach Verlag.

Norsys Software Corp. (2016). Netica Application for Windows. Vancouver, BC.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Wei, H. (2014). Bayesian Networks for Skill Diagnosis and Model Validation. Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education, Philadelphia, PA. Verfügbar unter: https://pdfs.semanticscholar.org/7a6e/522e4f308d761074ae9d5566e106bb859817.pdf [27.05.2019].

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.

Wu, M. L., Adams, R. J. & Wilson, M. R. (2007). ACER ConQuest version 2.0: Generalized Item Response Modeling Software. Camberwell, Victoria: ACER Press.

Ines Waldner Pädagogische Hochschule Steiermark

Interface-Analogien für eine zeitgemäße Fachdidaktik Ernährung

Die Relevanz des Themas Ernährung findet sich in fast allen Lebensaspekten und -bereichen wieder: von individueller Identitätsfindung und Lebensstil-Ausprägung bis hin zu Enkulturation, gesellschafts- und bildungspolitischen Entscheidungen und direkter Prägung des Lebensraums über den Zusammenhang von Ernährung und Umwelt (vgl. Thematisches Netzwerk Ernährung, 2018). Auch ist die Ernährung ein zentraler Aspekt im Nachhaltigkeitstransfer der gesamtgesellschaftlichen und ökologischen Transformation hin zu einer klimaverträglichen, ressourcenschonenden und nachhaltigen Weltwirtschaftsordnung (vgl. WBGU, 2011). Ernährungs- und Verbraucher*innenbildung (EVB) hat dabei den Anspruch *Handlungsorientierung* und *alltagsgerechte Kompetenzen* zu vermitteln, indem die verschiedenen Themenfelder der Elemente *Nahrung, Mensch* und *Umwelt* als mehrperspektivische, pluralistische und wertorientierende Konzepte systemisch miteinander in Beziehung gesetzt werden (vgl. Buchner, 2009; Thematisches Netzwerk Ernährung, 2018). Auf Ernährungs- und Verbraucher*innenkompetenz beruhende Entscheidungen, die im Alltag für eine „bedarfsgerechte und nachhaltige Versorgung" gefällt werden müssen (Buchner, Kernbichler, & Leitner, 2011, S. 12), verlangen dabei *Urteilskompetenz*, die es über die Erzeugung eines kritisch-konstruktiven Tiefenverständnisses zu stärken gilt. Erkenntnis bzw. Ausbildung von Urteilskraft kann sich nur dann entfalten, wenn Produkte im Themen- und Lernfeld der EVB von den vielen einmündenden Wissenschaftsbereichen und Disziplinen[1] *gemeinschaftlich* erarbeitetet werden – und keine losen Konglomerate disziplinärer Puzzlesteine darstellen. Im Kontext transformativer Bildung verlangt dies die Auflösung von Disziplingrenzen und die Errichtung systemischer Denkkonzepte (vgl. WBGU, 2012). Im Fokus der gemeinsamen Interferenzfelder sind damit die Bildungswissenschaften im Allgemeinen sowie die Fachwissenschaften und Fachdidaktik Ernährung im Speziellen gefordert, transformative Fortschritte über die Integration neuer inter- und v.a. transdisziplinärer[2] Lösungsfindungen in das Wirkungsfeld zu unterstützen.

Methodische Transdisziplinarität

Um im inter- bzw. transdisziplinären Sinn innovative Erkenntnisse und Konsenshaltigkeit zu liefern, kann in Anlehnung an Mittelstraß (2005, S. 22-23) folgendes methodisch-konstruierbares Vorgehen auch für ein modern geführtes Fach im Lernfeld Ernährung und Konsum bzw. deren Fachdidaktik und einspeisende Fachwissenschaften Gültigkeit haben:

1. *Disziplinärer Ansatz*: disziplinär begründete Aspekte zur Verfügung stellen
2. *„Interdisziplinäre Kompetenz"* durch konstruktiven Diskurs mit anderen Disziplinen
3. *„Reformulierung" im „argumentativen Raum"*: Adjustierung, Modifizierung und Adaptierung eigener Ansätze im Kontext des erlangten interdisziplinären Verständnisses

[1] Neben den Naturwissenschaften sind multiple weitere Disziplinen wie z.B. Soziologie, Ethnologie, Psychologie, Geschichts- und Kulturwissenschaften oder Kommunikationswissenschaften im selben Maße gefordert (Rückert-John, 2017). Auch die Geografie und Raumforschung spielt eine bedeutsame Rolle in diesem interdisziplinären Themenkreis (siehe Ermann, 2017).

[2] *Interdisziplinarität* beschreibt die kooperative Problemlösung beteiligter Disziplinen im Sinne einer „verstärkten Kommunikation und Zusammenarbeit". *Transdisziplinarität* bricht in Abhängigkeit vom Kontext des jeweilig untersuchten Problems disziplinäre Grenzen auf und bewirkt eine subsumtive Verschmelzung disziplinärer Methoden und Theorien. (Dubielzig & Schaltegger, 2004, S.8-10)

4. Transdisziplinarität als *„argumentative Einheit“:* Erstellung eines gemeinsamen Inhaltes anstelle eines teildisziplinären Konglomerats
5. *Transdisziplinäre Forschungsansätze*, z.B. Fallstudienansatz (Scholz & Tietje, 2002; Dubielzig & Schaltegger, 2004) und disziplinunabhängige Theorien, wie z.B. TILA (Reitinger, 2013), im Lernfeld Ernährung anwenden

Interface-Analogie für integrative Prozedere

Wichtig ist es, auf allen Prozessebenen den Schritt aus dem jeweiligen fachbezogenen Verständniskreis hinaus zu vollziehen, den Blick ins Detail umzukehren und eine Rückbesinnung auf systemische Korrelationen stattfinden zu lassen. Dafür dienlich ist es, den Fokus auf *Schnittstellen* zu richten (z.B. zwischen naturwissenschaftlich-funktionellen und soziokulturellen Determinanten, zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaften, etc.), um den größeren Kontext zu identifizieren, in den Teilsysteme eingebettet sind. Hier gemeinte Schnittstellen sind nicht als Bereiche der *Trennung* (im semantischen Sinne eines *Schnittes*) aufzufassen, sondern als *Teilsysteme* bzw. *Ebenen dazwischen* (*„inter“ – “faces“*), auf denen Kommunikation stattfindet – sprich, ein „Was?“, „Wie?“, „Wozu?“ und „Warum?“ abgehandelt wird. Durch die Interface-Analogie in Abbildung 1 wird verdeutlicht, wo die neuralgischen Punkte im Prozess liegen: Die Ebenen der *Translation*[3] (T) zeigen sich als maßgebliches Steuerelement für den Erfolg der Kommunikation – eine *gemeinsame Sprache* ist also essentiell[4]. Im Wissen dessen, welche unterschiedlichen Bezugssprachen (NAWI, GEWI etc.) im interdisziplinären Ansatz der Fachwissenschaften enthalten sind, werden die multiplen Herausforderungen der Kommunikationsprozesse evident.

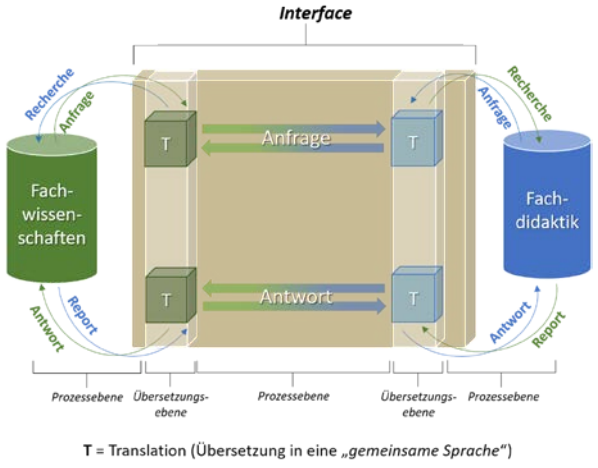


Abb. 1: Beispiel informatikanaloger Interface-Prozesse auf der Kommunikationsebene zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaften

Im Lernfeld Ernährung ergeben sich zahlreiche Kontaktbereiche, in denen wissenschaftliche und bildungsintendierte Kommunikation stattfindet (sei es zwischen den einzelnen Bezugsdisziplinen auf Forschungsebene oder zwischen den jeweiligen Akteur*innen im Bildungsbereich). Um Linearität und Top-down-Strukturen zu vermeiden, sollten die beteiligten Systeme so vernetzt sein, dass vorhandene Kompetenz- und Wissensvielfalt

[3] Übersetzung von Anfragen und Antworten von einer fachspezifischen Sprache in die jeweils andere

[4] Verständnis- und Übersetzungsschwierigkeiten aufgrund des divergenten disziplineigenen Sprachgebrauchs – „Sprachbarrieren“ – wurden schon bei u. a. Häberli und Grossenbacher-Mansuy (1998) postuliert.

gebündelt werden kann und daraus Mehrwert im Sinne eines systemischen Verständnisses für alle Beteiligten, insbesondere die Lernenden, generiert wird. Dafür müssen Umsetzungsstrategien in das Licht der *Interface*-Ebenen gerückt werden.

Transdisziplinäre Konzepte für eine zukunftsfähige Fachdidaktik Ernährung

In Referenz auf methodische Transdisziplinarität ist gegenseitiges Verständnis für disziplinerweiterndes Fachwissen sowie Vermittlungskompetenz des jeweiligen eigenen Fachwissens die Grundvoraussetzung für alle Konzepte, welche eine Prozessoptimierung auf Ebene der Kommunikation beinhalten. Das Ziel ist die Schaffung einer gemeinsamen Kommunikationsbasis, auf der gegenseitige Absichten erkannt, aufeinander Bezug genommen und referenziert werden kann und gemeinsame Sichtweisen und Ansatzpunkte in einen gemeinsamen Kontext gesetzt werden – ohne zu viel Informationsverlust durch Sprachbarrieren oder Linearitäten. Dazu braucht es einen offenen Informationsaustausch und gemeinsame Ziele und Evaluation.

Ein regionales Konzept zu solchen Vernetzungsprojekten wird im Moment in Graz über die STERTZ – Steirisches Ernährungs- und Technologiezentrum GmbH[5] des Landes Steiermark in Kollaboration mit unterschiedlichsten Akteur*innen aus dem Ernährungsbereich (Wissenschaften, Bildung, Landwirtschaft, Gesundheitsförderung, Politik, Industrie etc.) umgesetzt. STERTZ sieht sich dabei als Netzwerkplattform zwischen den verschiedenen Initiativen und Bereichen, und lanciert in ihrer Vermittlerrolle auch den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Öffentlichkeit.

Folgende transdisziplinäre Konzepte für eine zukunftsfähige Fachdidaktik Ernährung sind anzudenken und werden zum Teil auch schon über Rahmenprojekte von STERTZ, u.a. in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Steiermark, unterstützt:

- *Informations- und Akteursvernetzung über transdisziplinäre Einheiten:* Enge Zusammenarbeit und Verzahnung zwischen Fach-/Bezugswissenschaften, Fachdidaktik Ernährung und Citizens im Sinne geregelter und verbindlicher Reports oder Reviews in einem gemeinsam definierten Format. Gerade in so breit gefächerten Themenbereichen wie der Ernährung braucht es ein besonders strategisches Vorgehen hinsichtlich der Informationsselektion. Damit soll kooperatives fachdidaktisches und fachwissenschaftliches Entscheiden *über* und Individualisieren *von* Inhalte(n), die in die (Aus-/Fort-/Weiter-)Bildung einfließen, optimiert werden.
- *Akteursvernetzung über Kooperationsveranstaltungen:* Modelle, die auf die Vernetzung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik abzielen, sollen in die Ausbildung Eingang finden. Vorbild wären z.B. die *Jenaer Kooperationsseminare* (Zühlsdorf et al., 2018; Zühlsdorf & Winkler, 2018), in denen kooperierende Lehrende aus Fachwissenschaften und Fachdidaktik gemeinsam (in Form von Team-Teaching) ein an den schulischen Fachunterricht anschlussfähiges Thema behandeln, das durch Praxisreflexionen der Studierenden, spezifische Lehr- und Lernmaterialien und Studienergebnisse ergänzt wird. In dieser Form sind auch wenige Informationsverluste durch Translationen zu erwarten, da alle Beteiligten zeitgleich miteinander in Kommunikation treten können.
- *Akteursvernetzung über außerschulische Fortbildung*: Der transdisziplinäre Ansatz eröffnet sich auch in einem didaktischen Konzept, das phänomenologisch-forschendes Lernen als Kommunikationsform zwischen Lehrenden, Lehrpersonen sowie Schüler*innen einsetzt, um Verständnisprozesse für die *Nutrition Literacy* anzuleiten (vgl. Waldner, 2019).
- *Akteursvernetzung mit Praxis- Gesellschaftsvertreter*innen (Citizens).* Diese werden z.B. über Lehrveranstaltungen aktiv eingebunden und gestalten fachdidaktische Konzepte und Umsetzungen mit.

[5] https://www.stertz.at/

Literatur

Buchner, Ursula. (2009). Thematisches Netzwerk Ernährung - Dokumentation 2009. IMST, Salzburg (http://www.thematischesnetzwerkernaehrung.at/downloads/Endfassung_Schlussdokumentation_2008_IMST.pdf; letzter Abruf am 15.10.2019)

Buchner, U., Kernbichler, G., & Leitner, G. (2011). Methodische Leckerbissen. Beiträge zur Didaktik der Ernährungsbildung. Schulheft 141/2011. Innsbruck-Wien-Bozen: StudienVerlag (http://schulheft.at/wp-content/uploads/2018/02/schulheft-141.pdf; letzter Abruf am 14.10.2019)

Dubielzig, F., & Schaltegger, S. (2004). Methoden transdisziplinärer Forschung und Lehre: ein zusammenfassender Überblick. Lüneburg: Universität Lüneburg

Ermann, U., Langthaler, E., Penker, M., & Schermer, M. (2017). Agro-food studies: Eine Einführung. Köln-Weimar-Wien: utb Böhlau Verlag

Häberli, R., & Grossenbacher-Mansuy, W. (1998). Transdisziplinarität zwischen Förderung und Überforderung. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, 7 (3), 196-213

Mittelstraß, J. (2005). Methodische Transdisziplinarität. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 14 (2), 18-23

Reitinger, J. (2013). Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis. In K. Moegling & D. Bosse (Hrsg.), Theorie und Praxis der Schulpädagogik, Band 12. Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag (https://www.researchgate.net/publication/272942610_Forschendes_Lernen_Theorie_Evaluation_und_Praxis; letzter Abruf am 14.10.2019)

Rückert-John, J. (2017). Den Ernährungsalltag verstehen: Ein Beitrag der Ernährungssoziologie für eine interdisziplinäre Ernährungsforschung. ErnährungsUmschau (8), 36-43

Scholz, R., & Tietje, O. (2002). Embedded case study methods: Integrating quantitative and qualitative knowledge. Thousands Oaks, London, New Delhi: Sage Publications

Thematisches Netzwerk Ernährung, e.V. (2018). Referenzrahmen für die Ernährungs- und Verbraucher_innenbildung Austria – EVA. Handreichung zur überarbeiteten Neuauflage – Poster 2015, Thematisches Netzwerk Ernährung, e.V., Pädagogische Hochschule Oberösterreich, Linz (http://www.thematischesnetzwerkernaehrung.at/?download=2018_EVA_Handreichung_Poster2015.pdf; letzter Abruf am 15.10.2019)

Waldner, I. (2019). "Die guten Geister der Ernährung" – Interdisziplinäre Lehrerinnen-und Lehrerfortbildung am NAWImix. HiBiFo – Haushalt in Bildung & Forschung, 8 (1), 89-104

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen – WBGU (2011). Hauptgutachten: Welt im Wandel, Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin: WBGU (https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/welt-im-wandel-gesellschaftsvertrag-fuer-eine-grosse-transformation; letzter Abruf am 15.10.2019)

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen – WBGU (2012). Factsheet 5: Forschung und Bildung für die Transformation. Berlin: WBGU (https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/factsheets/fs5_2012/wbgu_fs5.pdf; letzter Abruf am 15.10.2019)

Zühlsdorf, F., Pettig, F., Reinhardt, F., Winkler, I. (2018). Kooperationsseminare als verbindende Lernräume – Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Schule im Wechselspiel. In I. Winkler, A. Gröschner, & M. May (Hrsg.), Lehrerbildung in einer Welt der Vielfalt. Befunde und Perspektiven eines Entwicklungsprojekts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 75–91 (https://www.pedocs.de/volltexte/2018/16120/pdf/Winkler_Groeschner_May_2018_Lehrerbildung_in_einer_Welt.pdf; letzter Abruf am 15.10.2019)

Zühlsdorf, F., & Winkler, I. (2018). Jenaer Kooperationsseminare aus Fachwissenschaft und Fachdidaktik. In: Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 219-236 (https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-414267; letzter Abruf am 15.10.2019)

Volker Heck [1]
Martin Gröger[1]
Oliver Schwarz[1]
Svantje Schumann[2]

[1]Universität Siegen
[2]Pädagogische Hochschule FHNW

Alexander von Humboldt als Vorbild für naturwissenschaftliches Lernen

Im Symposium wird Alexander von Humboldts Wirken anlässlich seines 250. Geburtstages am 14.9.2019 aus den Perspektiven der Fachdidaktiken von Astronomie, Chemie, Geografie und Physik sowie Sachunterricht in den Blick genommen.

Ausgehend von Reflexionen zu Humboldts wissenschaftlicher und kameralistischer Methodik sowie seinen Arbeitsergebnissen in den verschiedenen Fachbereichen werden Bezüge zum heutigen Sachunterricht und zum naturwissenschaftlichen Unterricht hergestellt. Hierbei wird unter dem Aspekt einer Bildung zu nachhaltiger Entwicklung Humboldts Forschungsansatz der Natur- und Wirtschaftsraumbilanzierung betrachtet. Einige Verfahren und Experimente in den Forschungsbereichen Astronomie, Biologie, Chemie, Geografie und Physik werden nachvollzogen und aus heutiger Perspektive reflektiert. Hierzu werden Rückschlüsse insbesondere auf fächerverbindendes Lernen, forschend-entdeckendes Lernen und den Einbezug von Aspekten der Natur der Naturwissenschaften (NOS) vorgestellt, auch für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen.

Alexander von Humboldt als Meister fächerverbindenden Denkens

Zu Beginn des Symposiums werden wissenschaftliche Leistungen Alexander von Humboldts anhand einiger Stationen auf seiner amerikanischen Reise von 1799 – 1804 nachvollzogen. Man kennt ihn als großen Naturforscher und Forschungsreisenden, aber gerade Humboldts Sicht auf die Welt und sein Zugang zur Wissenschaft sind hochaktuell, beschäftigte er sich doch auf mannigfaltige Weise mit dem zu erkundenden Raum und interpretierte diesen als komplexes System, dessen innere Wechselwirkungen es zu erkunden gilt. Dieser Zugang gründet sich auf verschiedene Quellen, vor allem auf seine kameralistische Ausbildung und die im Laufe seines wissenschaftlichen Lebens geknüpften Kontakte sowie eine Haltung der tiefen Neugier (Holl, 2018).

Damit ist Alexander von Humboldt in vielerlei Hinsicht Wegbereiter einer fächerübergreifenden Arbeits- und Forschungsweise, die auch für die heutige Lehre beispielgebend ist. Den zentralen Angelpunkt für Humboldts Wirken bildet die Physische Geografie.

So können anhand von Messungen und Beobachtungen in Lateinamerika historische Messwerte vorgestellt und mit aktuellen Messungen verglichen werden. Regelhaftigkeiten und Gesetzmäßigkeiten unter anderem kartographisch darzustellen gehört nicht nur zu den herausragenden wissenschaftlichen Beiträgen Humboldts, sondern diese Arbeiten sind auch didaktische Meisterleistungen, die im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zu thematisieren sind. Es handelt sich zum Beispiel um botanische, chemische, geografische Phänomene und Prozesse, die sich mit ihrer Lage über dem Meeresspiegel oder im Zuge eines Längsprofils verändern (Heck, 2019).

Ferner bieten die Beobachtungen und Messungen Anknüpfungspunkte für Nachbarwissenschaften und legen Zeugnis über die umfangreichen astronomischen und geodätischen Arbeiten des Forschungsreisenden ab.

Alexander von Humboldt als Chemiker

Ausgehend von dieser Betrachtung zu historischen Messwerten wird im zweiten Beitrag spezifischer dargestellt, welche Entwicklungs- und Forschungsarbeiten Alexander von Humboldt im Bereich der Chemie durchgeführt hat. Dies wird in der bisherigen Literatur kaum berücksichtigt (Gröger, 2019).

So forschte Alexander von Humboldt in seinen jungen Jahren z. B. intensiv im Bereich der Gasanalytik. Ihn interessierten die Luftzusammensetzungen in den Gruben und Stollen, aber auch die Zusammensetzung der Atmosphäre. Dazu arbeitete er mit unterschiedlichen damals üblichen eudiometrischen Verfahren. Er entwickelte mit dem so genannten „Anthrakometer" ein Messgerät zur Bestimmung des Kohlenstoffdioxidgehaltes der Luft. Die Zusammensetzung der Luft untersuchte er später auch zusammen mit Gay-Lussac. Dabei entdeckten die beiden Forscher, dass Wasserstoff und Sauerstoff im Volumenverhältnis 2 zu 1 reagieren und sie bestimmten schon 1804 den korrekten Sauerstoffgehalt der Luft mit 21 % recht genau.

Im Vortrag werden einige historische Experimente vorgestellt, die sich auch für eine Umsetzung im Chemieunterricht eignen. Neben einer historisch-fachlichen Einordnung wird dargestellt, inwieweit sich daraus Unterrichtsinhalte für den heutigen Chemieunterricht ableiten lassen und wie diese methodisch, z. B. unter Berücksichtigung von Aspekten der Natur der Naturwissenschaften (NOS), aber auch mit Blick auf Humboldts frühe Gedanken zu ökologischen Fragen und zum Klimawandel, integriert werden können (Gröger & Wurm, 2019).

Alexander von Humboldts Natur- und Wirtschaftsraumbilanzierung

In einem regeltypischen Verständnis von Nachhaltigkeit versteht man unter diesem Begriff einen Verbrauch von Ressourcen in dem Umfang, wie sie in einem geschlossenen Wirtschafts- und Naturraum ersetzbar wären - ohne gravierende Einflüsse auf Gleichgewichtszustände. Allerdings ist die vielfach verbreitete Ansicht, diese Idee würde erst der neueren Zeit entspringen, nicht zutreffend. Die aus der Staatsverwaltung der kleineren mitteleuropäischen Länder hervorgegangene Kameralistik entwickelte schon im 17. und 18. Jahrhundert ausgeprägte Fähigkeiten, die oben angesprochenen Gleichgewichtszustände durch Formen der Bilanzierung zu erkunden und wirtschaftlich fruchtbar zu machen. Wenn wir heute von Universalgelehrten sprechen, die seinerzeit viele Forschungs- und Arbeitsgebiete verknüpfen konnten, vergessen wir häufig, dass diese Wissenschaftler zumeist studierte Kameralisten waren – wie etwa auch Alexander von Humboldt. Um bei Lernenden bewusste Entscheidungen für Verhaltensweisen des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen zu bewirken, bietet es sich an, die teilweise vergessenen Bilanzierungsmodelle des kameralistischen Denkens für die Lehre nutzbar zu machen und dazu – erweitert um die Möglichkeiten, die aus der modernen Kenntnis der Erhaltungssätze resultieren – didaktisch aufzubereiten. So kann man beispielhaft mit Lernenden durch selbstständig erarbeite Bilanzierungsrechnungen angeblich nachhaltige von tatsächlich nachhaltigen zivilisatorischen Prozessen unterscheiden. Darüber hinaus basieren auf zwanglose Weise solche Bilanzierungsmodelle (fast) immer auf fächerverbindenden Überlegungen (Schwarz & Schwarz 2013).

Mit Alexander von Humboldt zu forschend-entdeckendem Lernen und NOS

Alexander von Humboldt bietet sich als Universalgelehrter, der kameralistische Betrachtungen anstellt, auch an, um über Denk- und Arbeitsweisen in der Naturwissenschaftsforschung nachzudenken und somit ein Verständnis von NOS zu entwickeln.

Eine Analyse des Naturzugangs Alexander von Humboldts anhand von Quellen bildet den Ausgangspunkt für die Überlegung, ob dadurch ein sinnstiftender Zugang zu Wissenschaft, in der Art eines vertieften Verständnisses von „nature of science“ und „forschend-entdeckendem Lernen“ für Lehrpersonen in der Aus- und Weiterbildung erleichtert und ermöglicht wird.
Analysiert wird der naturwissenschaftliche Zugang Alexander von Humboldts, wobei die Analyse als thesengenerierende, rekonstruktionslogische Sichtung von Primär- und Sekundärquellen geschieht. Schwierigkeiten der Analyse bestehen u.a. in der Verlässlichkeit in Bezug auf Sekundärquellen. Es stehen Humboldts analytischer Zugang sowie der für Humboldt typische Zugang zur Natur «mit allen Sinnen» im Zentrum der Betrachtung und es werden Thesen aufgestellt, wie beide Zugänge bei Alexander von Humboldt zu einer Form der forschend-entdeckenden Erkenntnisgenerierung einen Beitrag leisten.
Ausgehend von dem Versuch einer Charakterisierung der Humboldt´schen Arbeitsweise und des Humboldt´schen Naturzugangs wird darüber nachgedacht, wie sich Verständnisbildung in Bezug auf „nature of science“ und „forschend-entdeckendes Lernen“ im Rahmen der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen erreichen lässt.

Literatur

Gröger, M. (2019). Umweltchemie in ihren Anfängen, Nachrichten aus der Chemie 67, 2019, 16-19.

Gröger, M & Wurm, K. (2019). Alexander von Humboldt als Chemiker, Chemie in unserer Zeit, im Druck.

Heck, V. (2019): Mediciones y Geografía en la obra de Alexander von Humboldt, aus: https://www.youtube.com/watch?v=IYnfgGYxCx0&list=PLLFQXRtvkurVuNEOuvJBt-E1cxpOsTYXf&index=1.

Holl, F. (2018): Alexander von Humboldt und der Klimawandel: Mythen und Fakten, HiN XIX, 37, 37-56.

Schwarz, O. & Schwarz, I. (Hrsg.) unter Mitarbeit von E. Knobloch (2013): Alexander von Humboldt Johann Franz Encke Briefwechsel, aus: Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung 37, Berlin, 558 S.

Volker Heck Universität Siegen

Alexander von Humboldt als Meister fächerverbindenden Denkens

Anlässlich seines 250. Geburtstages ist Alexander von Humboldt in diesem Jahr in den Fokus einer breiten europäischen und südamerikanischen Öffentlichkeit geraten. Er wird als der Wiederentdecker Amerikas ebenso gefeiert wie als Begründer verschiedener Wissenschaften. Von Beginn an verstand Humboldt es, seine Ausbildung und Berufserfahrungen nicht nur in den heute etablierten Einzeldisziplinen Astronomie, Biologie, Chemie, Geographie und Physik zu leben, sondern vielmehr mit seinem Denken fächerübergreifend und vernetzend bahnbrechende naturwissenschaftliche und interdisziplinäre Erkenntnisse zu erlangen.

Messinstrumente und Messungen Alexander von Humboldts

Alexander von Humboldt steht in seiner Zeit wie kein zweiter für die Verbindung von Entdeckung und deren Verortung. Dies lässt sich insbesondere mithilfe zeitgenössischer Gemälde nachvollziehen. So wird Humboldt etwa inmitten der tropischen Umwelt gezeigt, häufig, wie auch im nachfolgend dargestellten Werk von Friedrich Georg Weitsch (vgl. Abb. 1), umgeben von exotischen Pflanzen bei der botanischen Bestimmung.

Abb. 1: Alexander von Humboldt auf einem Gemälde von F. G. Weitsch, Darstellung A. v. Humboldts während der Amerikanischen Reise in der Natur mit Tagebuch und dem Barometer links unten. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexandre_humboldt.jpg)

Daneben sind vielfach auch die orografischen Merkmale der Tropen sowie Wetterphänomene dieser Klimazone Gegenstand von Darstellungen, ebenso wie Humboldts

Reisetagebuch und seine Messinstrumente. Weitsch zeigt beispielsweise das Barometer, mit dem Humboldt auf seiner Expedition die Höhe eines Standortes messen konnte.
Diese Höhenmessungen alleine sind jedoch für die ganzheitliche Betrachtung eines Raumes nicht ausreichend. Der Forschungsreisende Humboldt bediente sich eines Hadley-Sextanten mit künstlichem Horizont und war so in der Lage, zu jeder Höhenbestimmung die exakte Länge und Breite anzugeben und somit seine Beobachtungen exakt zu verorten.

Die Amerikanische Forschungsreise 1799 – 1804

Die Relevanz der Verschneidung von Höhe und Position wird insbesondere bei eingehender Betrachtung Humboldts amerikanischer Forschungsreise deutlich. Seetage nutzte er ebenso wie Landtage unermüdlich für sein wissenschaftliches Arbeiten. Ausgehend von La Coruña bis hin zum südlichsten Punkt seiner Reise in Lima trug er dabei unzählige Daten aus unterschiedlichen Klimazonen zusammen. Diese beinhalten Messungen von den kanarischen Inseln im Juni 1799, die Befahrung des Río Orinoco und des Río Negro im heutigen Venezuela im Jahr 1800 sowie die Besegelung der Karibik einschließlich eines dreimonatigen Aufenthalts auf Kuba bis ins Jahr 1801. Daran schloss sich der zentrale Teil der Reise durch das heutige Kolumbien und Ecuador mit der Straße der Vulkane bis nach Peru von Mitte 1801 bis Ende 1802 an, bevor Humboldt im ersten Quartal 1803 über den Pazifik nach Mexiko reiste, das Land von Westen nach Osten durchquerte und schließlich im März 1804 über Kuba und die Vereinigten Staaten von Amerika die Rückreise nach Europa antrat (Faak, 2000, 2003 und 2015).
Auf der Basis der Tagebücher Alexander von Humboldts veröffentlichte bereits Bruhns im 19. Jahrhundert eine Zusammenfassung von insgesamt 417 Beobachtungstagen, 201 Ortsbestimmungen sowie weiteren Messungen verschiedenster Art (Bruhns, 1872).

Durch das Verschneiden unterschiedlicher Techniken, wie beispielsweise der Positionsbestimmung und der Beobachtung natürlicher Phänomene, verstand Humboldt es, gerade auch längere Transitpassagen wissenschaftlich nutzbar zu machen. So gehen auf ihn die ersten exakten Karten des Flussverlaufs des Río Magdalena zurück, die er auf der Anreise nach Bogotá in sein Tagebuch zeichnete und um vegetationskundliche Studien ergänzte. Diese bilden so die Grundlage für heutige Vegetationshöhenprofile.
Zudem unternahm er Exkursionen zu einzelnen Standorten, von denen er sich einen Zugewinn an Erkenntnissen versprach: im Zuge seines Aufenthaltes in der Provinz Popayán fielen ihm beispielsweise sich wiederholende Witterungserscheinungen um den isolierten Bergstock Tetilla de Julumito auf. Die geologische Besonderheit des Standortes sowie die reliefbedingte Struktur erfasste Humboldt dann in seinem Reisetagebuch (Faak, 2003). Er untersuchte zudem die dort vorhandene Vegetation und den Boden. Schließlich fertigte Humboldt eine Zeichnung der Lage und ein Profil der Zentralkordillere mit den ihm bekannten und durch ihn besuchten Orten an (Heck, 2019).

Tab. 1: Alexander von Humboldts Beobachtungen und Aufzeichnungen am Chimborazo

23.06.1802	Erreicht 3016 toisen, entspr. 18096 Fuß, ca. 5800 m.ü.d.M.
Saxifraga boussingaulti	Ostflanke, höher als die Schneegrenze, in lockerem Gestein: 2466 toisen, entspr. 14796 Fuß, 4806 m.ü.d.M.
Guanaco	Die Lamas am westl. Abstieg des Chimborazo sind wild.
3350 toisen	Trigonometrische Bestimmung der Höhe des Chimborazo, entspr. 6529 m.ü.d.M. Zudem Vergleich mit anderen bekannten Bergen der Anden, u.a. dem Aconcagua und dem Sajama.
Silene aucalis	Als Vergleich mit einer Pflanze der Alpen, max. bekannte Höhe: 10680 Fuß, entspr. 3470 m.ü.d.M.

(Humboldt 1849)

Im Zuge seiner weiteren Reise durch den Süden Kolumbiens und den Norden Ecuadors über die Straße der Vulkane erreichte er am 23.06.1802 den Chimborazo. Seine Tagebuchaufzeichnungen fasste Humboldt schließlich 1849 in den Ansichten der Natur zusammen (vgl. Tab. 1).
Anhand der in der Tabelle aufgeführten Daten wird die interdisziplinäre Arbeitsweise Alexander von Humboldts deutlich: er verstand es, seine eigenen Erkenntnisse, wie z.B. die trigonometrische Höhenberechnung eines Berges und die von ihm tatsächlich erreichte Position zu verbinden. Zugleich stellte er einen Bezug zu weiteren Gipfeln in Südamerika her, auch wenn er diese – wie den Aconcagua und den Sajama – selbst nie erreichte. Mit dem Verweis auf *Saxifraga boussingaultii* wies Humboldt dessen Vorkommen bis jenseits der Schneegrenze nach und er zeigte gleichermaßen die ökologische Anpassungsfähigkeit dieser Gebirgspflanze. Mit dem Verweis auf die alpin vorkommende Art *Silene aucalis* gelang ihm der botanische Vergleich zwischen den jeweils in den Tropen und Gemäßigten Breiten des Planeten am höchsten aufsteigenden Arten anzustellen.

Das Weltgemälde

Die Betrachtung von Außertropen und Tropen bildete die Grundlage für Humboldts berühmtes Weltgemälde, das sein Denken vergegenwärtigt. Eindrücklich und in zuvor nie erreichter Weise gelang es ihm, wissenschaftliche Erkenntnisse mit seiner ästhetisch geprägten Idee von Harmonie in der Natur zu vereinen und Vegetationshöhenstufen in den verschiedenen Klimazonen der Erde abzubilden, indem er mithilfe seiner analytischen Untersuchung der sich verändernden Vegetation charakteristische Arten in den jeweiligen Breitenlagen und den dort jeweils vorhandenen Höhenstufen über dem Meer erfasste.
Die ausgedehnten Forschungsreisen in die sog. Neue Welt sowie durch Europa und nach Asien führten Alexander von Humboldt schließlich dazu, thematische Weltkarten zu entwickeln (Berghaus, 1850). Wegweisend ist hierbei die Darstellung zur *Verbreitung der Pflanzen auf den Bergen* in verschiedensten Klimazonen, in der er die klimatische Schneegrenze angab und diese mit der mittleren Jahrestemperatur und den jeweils auftretenden Temperaturen des kältesten und des wärmsten Monats verband (vgl. Abb.2).

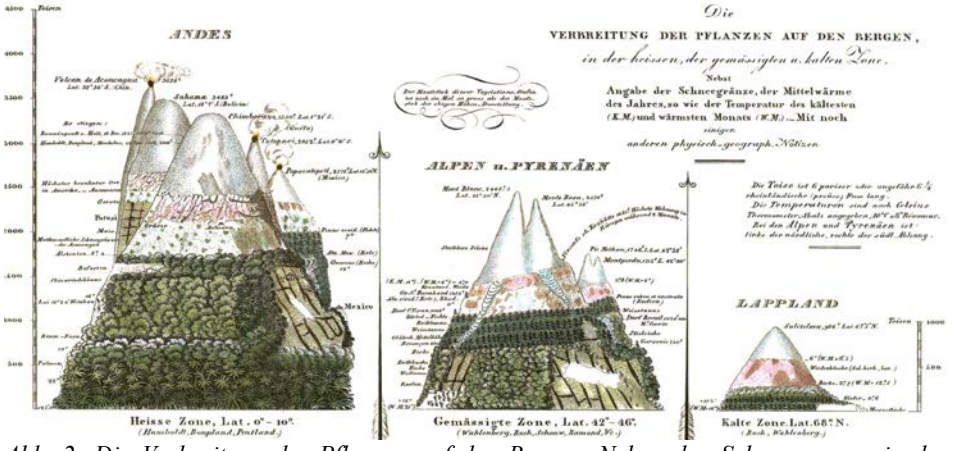


Abb. 2: Die Verbreitung der Pflanzen auf den Bergen. Neben den Schneegrenzen in den Tropen, Gemäßigten Breiten und der subpolaren Zone sind charakteristische Pflanzen und die von Humboldtbesuchten Orte in den Karten eingetragen (Berghaus 1850).

Literatur

Berghaus, H. (1850): Physikalischer Schul-Atlas, Gotha.
Bruhns, K. (1872): Alexander von Humboldt – Eine Wissenschaftliche Biographie, Leipzig.
Faak, M. (2015): Alexander von Humboldts Amerikareise, in: HiN XVI, 31, S. 113-119.
Faak, M. (2003): Alexander von Humboldt, Reise auf dem Rio Magdalena, durch die Anden und Mexiko, Teil I: Texte, aus: Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung 12, Berlin.
Faak, M. 2000): Alexander von Humboldt, Reise durch Venezuela, aus: Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung 12, Berlin.
Heck, V. (2019): Mediciones y Geografía en la obra de Alexander von Humboldt, aus: https://www.youtube.com/watch?v=IYnfgGYxCx0&list=PLLFQXRtvkurVuNEOuvJBt-E1cxpOsTYXf&index=1.
Humboldt, A. von (1849): Ansichten der Natur, Leipzig.

Martin Gröger Universität Siegen

Alexander von Humboldt als Chemiker

Am 14.9.2019 wäre Alexander von Humboldt 250 Jahre alt geworden. Dies war der Anlass, sich mit seinen Tätigkeiten als Chemiker zu beschäftigen, denn Humboldt war gerade in seinen jungen Jahren auch mit chemischen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten befasst, was weder in der breiten Öffentlichkeit noch in fachchemischen Kreisen weiter bekannt und auch noch nicht intensiver erforscht worden ist. In einem chemiehistorischen und chemiedidaktischen Ansatz soll zunächst durch Quellenstudien herausgearbeitet werden, in welchen Bereichen Alexander von Humboldt als Forscher, Entwickler und Umweltanalytiker chemisch gearbeitet hat und zu welchen Ergebnissen und Erkenntnissen er gelangt ist. Darauf aufbauend sollen Anregungen entwickelt werden, wie Humboldts chemisches Wirken im Chemieunterricht, in Chemie-AGs oder Projektkursen thematisiert werden kann. Hierbei bietet sich insbesondere eine Thematisierung von Aspekten zu Nature of Science an (Höttecke & Henke, 2010; Hofheinz, 2010).

Betrachtungen zur Natur der Naturwissenschaften

Im Internet ist eine Vielzahl von Humboldts Schriften leicht zugänglich. Lernende können sie sichten und die Gedankengänge Humboldts bei seinen chemischen Entdeckungen nachvollziehen. Die Lernenden können bei der Bewertung des historischen Materials mit Vorschlägen zur expliziten Reflexion unterstützt werden, wie z. B.: „Wie hat Humboldt seine Daten protokolliert? Welche neuen Instrumente hat er entwickelt? Was trieb ihn bei seiner Forschung an?“ (Höttecke & Henke, 2010). So können dezidiert Aspekte zur Natur der Naturwissenschaften betrachtet werden (Reiners, 2017, S. 84). Es ergeben sich Gelegenheiten, unreflektierte Schülervorstellungen über Nature of Science (NOS) aufzugreifen, damit Lernende realistischere epistemologische Vorstellungen entwickeln, ihr Kritikbewusstsein schulen und Wertschätzung weiter entwickeln können (Hofheinz, 2010). Es können die empirische Basis und die Theoriegebundenheit sowie die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens betrachtet werden. Wie dabei der Status von Beobachtungen, Deutungen, Modellen, Theorien und Gesetzen betrachtet werden kann, soll hier am Beispiel eines Zitates aus den „Unterirdischen Gasarten“ illustriert werden: „Hier ist der Punkt, wo man zu der Hypothese eines an alle brennbaren Substanzen gebundenen Lichtstoffes und zu einer Lichtverbreitung durch die dickste Finsterniß seine Zuflucht nimmt; eine Hypothese, welche in so fern sie eine bloße Möglichkeit begründet, kaum als ein Objekt der empirischen Chemie betrachtet werden kann!“ (Humboldt 1799a, S.72-73). Auf die anschaulich-kreative Seite der Naturwissenschaften und sozio-kulturelle Einflüsse weist folgendes Zitat aus derselben Publikation: „Wenn es ein Genuß ist, durch neue Entdeckungen das Gebiet unsers Wissens zu erweitern, so ist es eine weit menschlichere und größere Freude etwas zu erfinden, das mit der Erhaltung einer arbeitsamen Menschenklasse, mit der Vervollkommung [sic!] eines wichtigen Gewerbes in Verbindung steht.“ (Humboldt 1799a, S. 244).

Neben dem Quellenstudium wurden etliche historische Experimente nachvollzogen, um die Arbeiten besser einzuschätzen sowie Ansatzpunkte für eigenes praktisch-experimentelles Arbeiten von Lernenden im Chemieunterricht zu gewinnen. Damit können die historischen Betrachtungen noch vertiefter, lebhafter und interessanter gestaltet werden. Hinweise darauf werden an anderer Stelle ausführlich beschrieben (Gröger & Wurm, 2019).

Lichterhalter und Rettungsmaschine für Bergleute

Alexander von Humboldt studiert auf Wunsch seiner Mutter zunächst Kameralistik (Volkswirtschaftslehre). Später verlagert er seine Studien in Richtung Bergbaukunde. So kann er als „Bergakademist“ (Krätz, 1997, S. 32) in den preußischen Staatsdienst eintreten. In seinem Berufsfeld interessiert er sich vielfältig für die geologischen, biologischen und chemischen Zusammenhänge unter Tage. Er überlegt z. B., welchen Einfluss das fehlende Sonnenlicht oder Feuchtigkeit sowie magnetische, elektrische und andere Effekte auf die Zusammensetzung der Grubenluft haben könnten. Aus spezifisch chemischer Perspektive bestimmt er z. B. den Sauerstoff-Gehalt mit einem Eudiometer (Luftgütemesser) nach Fontana, also über die Reaktion des Luftsauerstoffs mit Stickstoffmonoxid in einer Glasröhre, und einem Eudiometer nach Reboul, in dem weißer Phosphor mit Sauerstoff reagiert (Richter & Engshuber, 2014).

Humboldt möchte die Arbeitsbedingungen der Bergleute vor Ort verbessern und so entwickelt er eine Grubenlampe und einen Apparat zur Rettung von Bergleuten („Respirationsmaschine“). Bei beiden Geräten geht es darum, Sauerstoff - zum Atmen bzw. zum Brennen einer Flamme - ins Bergwerk zu bringen. Aus chemischer Sicht ist dabei interessant, dass Humboldt zunächst überlegt, den Sauerstoff vor Ort durch Zersetzung von Salpeter und Braunstein zu gewinnen, was aus Kostengründen jedoch nicht praktikabel ist. (Humboldt 1799a, S. 249). Daher plant er die Geräte derart, dass jeweils ein Luftvorrat mitgenommen wird (Gröger, 2019, Gröger & Wurm, 2019).

Das Anthrakometer

Auch der Kohlenstoffdioxidgehalt der Grubenwetter interessiert Humboldt. Dazu schildert er aber noch weiterreichende Erkenntnisinteressen: „Um zu wissen, ob auf hohen Bergen so viel Kohlensäure, als im Thale, in Eichenwäldern so viel, als in Tannenwäldern vorhanden ist; um zu untersuchen, ob eine Kröte mehr Kohlensäure, als ein Frosch erzeugt, muss man die kleinsten Unterschiede der Luftverschwindung beobachten können.“ (Humboldt 1799b, S. 86). Da Humboldt noch keine brauchbare Bestimmungsmethode zur Verfügung steht, entwickelt er das „Anthrakometer“, ein Messgerät, das aus einer etwa 30 cm langen, ca. 8-9 mm weiten, unten gebogenen Röhre besteht, die in eine Kugel mit ungefähr 3,5 cm Durchmesser mündet. Der Kohlensäuregehalt einer Luftprobe wird durch Absorption dieses Anteils in Kalkwasser bestimmt. Mit dem Anthrakometer stellt Humboldt vielfältige Messungen an, z. B. hat er „die Larven des Johanniswürmchens (Lampyrus noctiluca) Regenwürmer und Hornschröter (Lucanus cervus) unter Glocken mit sehr reinem Sauerstoffgas gesetzt und nach wenigen Stunden Spuren von Kohlensäure darinn gefunden“ (Humboldt 1799b, S. 100). Mit seinen Messwerten liegt Humboldt deutlich neben den in vorindustrieller Zeit zu erwartenden. Er gelangt jedoch zur klaren und wegweisenden Feststellung: „Auf den ersten Anblick scheint es freilich gleichgültig, ob Dreitausendtheile Kohlensäure mehr, oder minder in dem Luftkreise enthalten sind. Aber nur auf den ersten Anblick! Ein Tausendtheil mehr macht in dem ungemessenen Luftraume, in so vielen Tausend Kubikmeilen Luft, eine beträchtliche Masse – und diese Masse dient den Gewächsen zur Nahrung […]; sie kehrt, den Thieren angeeignet, nach den Gesetzen des ewigen Kreislaufs in die Athmosphäre zurück!“ (Humboldt 1799b, S. 115-116).

Forschungsarbeiten mit Gay-Lussac

Nach seiner Rückkehr von der Amerika-Expedition trifft Humboldt in Paris auf Joseph Louis Gay-Lussac. Die beiden Forscher freunden sich an und arbeiten gemeinsam an einer – mit Blick auf Humboldts als unpräzise erkannten früheren Messungen - möglichst genauen Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Luft. Bei der Beschreibung ihrer Resultate offenbaren die beiden Forscher eine vorausschauende Einsicht in globale Zusammenhänge,

die in der heutigen Zeit des Klimawandels offensichtlicher denn je ist: „Stimmen alle geologische Thatsachen dahin überein, zu beweisen, daß die Erde das nicht mehr ist, was sie ehemahls war, daß sehr hohe Berge ehemahls vom Wasser bedeckt waren, und daß der Norden Thiere nährte, die sich jetzt nur noch zwischen den Wendekreisen finden; so läßt sich absehen, daß es für die kommenden Jahrhunderte von großem Werthe seyn müsse, wenn wir den gegenwärtigen physischen Zustand des Erdkörpers genau bestimmen. Denn gesetzt auch, die größten Katastrophen, welche er schon erlitten hat, sollten sich nicht wieder ereignen, so wäre es doch - möglich, daß er allmähligen Modificationen unterworfen wäre, die sich erst nach einer langen Reihe von Jahren zeigten; und in so fern dürfte es von der höchsten Wichtigkeit seyn, die großen Phänomene der Natur, welche vielleicht variabel seyn könnten, jetzt durch genaue Beobachtungen auf eine zuverlässige Art auszumitteln z. B.: die Intensität der magnetischen Kräfte, die Barometerhöhe an der Meeresfläche, die Höhe des Meers, die mittlere Temperatur eines jeden Klima, und das Verhältniß in den Bestandtheilen der Atmosphäre.“ (Gay-Lussac & Humboldt, 1805, S. 38-39)
Nach intensiven Arbeiten mit einem Eudiometer nach Volta gelangen sie zu der Feststellung, dass Voltas Messgerät sehr genaue Resultate liefert und dass „das Produkt des Verbrennens des Wasserstoffgas stets von einerlei Natur ist“ (Gay-Lussac & Humboldt, 1805, S. 68). Dabei bestimmen sie zunächst quasi nebenbei als erste Forscher das Volumenverhältnis bei der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser auf genau 2:1! Den Sauerstoffgehalt der Luft ermitteln sie mit 21 % schon sehr früh mit hoher Genauigkeit.

Weitere chemische Arbeiten

Während seiner Zeit im Bergdienst und bei der Vorbereitung für sowie auf seiner großen Reise nach Südamerika beschäftigt sich Humboldt immer wieder auch mit gaschemischen Messungen mit seinem Anthrakometer und Eudiometern. Er untersucht die Luftzusammensetzung auf dem Meer und in unterschiedlichen Orten und Höhen auf dem Land sowie Ausdünstungen von Vulkanen. Aber er untersucht auch mit nasschemischen Methoden Gewässer, u. a. mit Kaliumoxalat auf Calzium, Bariumsalzen auf Sulfat oder Calziumcyanid auf Eisen (Hartke, Lehmann & Rienäcker, 1986). Zu diesen Untersuchungen gibt es noch weiteren Forschungsbedarf.

Fazit

Humboldts chemische Arbeiten waren im Wesentlichen umweltanalytisch ausgerichtet. Durch die Genauigkeit des Arbeitens, das vernetzende Denken und seine Weitsichtigkeit hat Humboldt insbesondere in Kooperation mit Gay-Lussac auch wesentliche Beiträge für die Chemie geleistet. Er kann daneben als ein Vordenker aktueller Bezüge in der Klimadiskussion gelten.
Eine unterrichtliche Thematisierung von Humboldts chemischen Forschungsarbeiten scheint für wissenschaftshistorische und wissenschaftstheoretische Betrachtungen, aber auch mit Blick auf aktuelle Bezüge zum Klimawandel sowie eigenständiges kreatives Experimentieren der Lernenden gewinnbringend. Generell bietet sich eine fächerverbindende Behandlung an. Zur Anregung findet man im Alexander von Humboldt-Handbuch (Ette, 2018, S. 106) von Altamerikanistik über Geographie und Klimatologie bis Zoologie 33 weitere Wissenschaftsgebiete, mit denen sich Humboldt beschäftigt hat.

Wir danken dem Fonds der Chemischen Industrie für Unterstützung im Rahmen der Förderung für Forschungsprojekte im Bereich Chemiedidaktik

Literatur

Ette, O. (2018). Alexander von Humboldt-Handbuch, Metzler, Stuttgart
Gröger, M. (2019). Umweltchemie in ihren Anfängen, Nachrichten aus der Chemie 67, 2019, 16-19
Gröger, M & Wurm, K. (2019). Alexander von Humboldt als Chemiker, Chemie in unserer Zeit, im Druck
Hofheinz, V. (2010). Unterricht Chemie 2010, 21, S. 8-13
Höttecke D. & Henke, A. (2010). Unterricht Chemie, 2010, 21, S. 2-7
Humboldt, A. von (1799a). Ueber die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern, Vieweg, Braunschweig
Humboldt, A. von (1799b). Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises und über einige andere Gegenstände der Naturlehre, Friedrich Vieweg, Braunschweig
Krätz, O. (1997). Alexander von Humboldt: Wissenschaftler – Weltbürger – Revolutionär, Callway, München
Reiners, C. S. (2017). Chemie vermitteln, Springer, Berlin Heidelberg
W. Richter und M. Engshuber, Alexander von Humboldts Messtechnik: Instrumente – Methoden – Ergebnisse, epubli, Berlin, 2014
Hartke, W., Lehmann, E. & Rienäcker, G. (1986). Alexander von Humboldt – Reise auf dem Rio Magdalena, durch die Anden und Mexico, Teil I:Texte, Akademie-Verlag, Berlin, S. 143-144

Oliver Schwarz Universität Siegen

Alexander von Humboldts Natur- und Wirtschaftsbilanzierung

Einleitung

Dieser Beitrag soll ein Nachdenken über und ein didaktisches Fruchtbarmachen der Kameralistik anregen, einer heute weitgehend in Vergessenheit geratenen Wissenschaft, die uns gelegentlich noch als Rudiment, nämlich als sogenannte kameralistische Buchführung, im Rechnungswesen begegnet. Dieses ungewöhnliche Ansinnen bedarf natürlich einer Erläuterung.

Die Arbeitsweise der Kameralistik enthielt sehr viel von dem, was wir sowohl im gesellschaftlichen Handeln als auch im schulischen Unterricht einfordern. Jedenfalls hätte sie, nach gründlicher Untersuchung und fachdidaktischer Aufbereitung, das Potential, sinnstiftend für das zu wirken, was wir gegenwärtig in nicht wenigen Fällen euphemistisch als fächerverbindendes Unterrichten und nachhaltiges Handeln bezeichnen.

Eine historische Disziplin - die Kameralistik

Die Kameralistik ist historisch als Reaktion auf die Bewältigung der Mangelwirtschaft am Ende des Dreißigjährigen Krieges entstanden. Ihr Hauptwirkungsfeld waren die Kleinstaaten Mitteleuropas, die, bedingt durch territoriale Beschränktheit, immer zwei Aufgaben gleichzeitig lösen mussten – die Beförderung der wirtschaftliche Entwicklung bei sorgfältiger Beachtung der verhältnismäßig geringen natürlichen und humanen Ressourcen eines Landes. Eine Methode, sich dieser Problematik anzunehmen, beruhte auf Bilanzierungsverfahren, die sich damals weitgehend auf Erfahrungswerte gründeten. Sollte beispielsweise eine Manufaktur neu eingerichtet oder ein Bergwerk etabliert werden, so galt es, über die Betrachtung der finanziellen Mittel hinausgehend, zunächst sorgsam zu ermitteln, ob die Region genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stellen konnte. Alsdann musste der Nahrungsbedarf dieser Menschen vor dem Hintergrund der lokalen Landwirtschaft betrachtet werden, hinzu kamen die zur Erschließung nötigen Rohstoffe, vor allem Holz als Brenn- und Baumaterial, aber auch Wasser als Produktions-, Energie- und Transportmittel. Kameralistik war (automatisch) immer auch das Bestreben, die Wirtschaft nachhaltig zu gestalten und nicht zufällig entstammen praktisch alle Erkenntnisse zur nachhaltigen Forstwirtschaft der deutschen Kleinstaaterei. Neben dem Aspekt der Nachhaltigkeit beinhaltete die Kameralistik augenscheinlich fächerübergreifendes Denken in hervorragender Weise. Lehrbücher der Kameralistik, wie etwa die Literatur (Zincken, 1764), können uns heute Einblicke geben, derer es bedarf, um dieses Potential für die Fachdidaktik aufzugreifen und zeitgemäß aufzuarbeiten.

Alexander von Humboldt als Kameralist der Länder und Kontinente

Vielleicht eignet sich auch der 250. Geburtstag Alexander von Humboldts (1769-1859), selbst ein studierter Kameralist, um dieses Bilanzierungsdenken wieder verstärkt zu thematisieren. Zum Humboldtjubiläum sind zahlreiche Artikel erschienen, die sich der Würdigung des großen Gelehrten widmen. Man spürt das Bemühen vieler Autoren, Bezüge zwischen Humboldts Persönlichkeit und der Gegenwart herzustellen, gleichzeitig wirkt einiges von dem, was man in Humboldt zu erkennen glaubt, unrealistisch und überzogen. Die „Welt“ meinte, Humboldt wäre der „Der erste Ökö“, so die Überschrift zu einem Artikel über den Naturforscher (Pilz, 2019). Ein in den Humboldt-Würdigungen immer wieder genutzter Begriff ist der des vernetzten Denkens, für das Humboldt ein Wegbereiter gewesen sein soll (Engel, 2019), man erkennt hier natürlich den Aspekt des fächerübergreifenden Denkens.

Auch wenn all diese Titulierungen gewiss einen Teil des realen wissenschaftlichen Forschens Humboldts enthalten mögen, sie interpretieren dieses durch Projektion heutigen Denkens in die Vergangenheit. Das ist legitim, allerdings verstellt man damit den Blick auf die tatsächliche Einbettung der humboldtschen Arbeitsweise in die historische Umgebung der Wissenschaften zur Zeit des endenden 18. und beginnenden 19. Jahrhundert. Meisterstücke von „Humboldts“ Kameralistik findet man in seinen Gutachten zu lokalen Wirtschaftsprojekten in Deutschland (Humboldt, 2014).
Worin bestand nun Humboldts große Leistung im Hinblick auf gedankliche Vernetzung und ökologisches Denken? Neben vielen anderen Beiträgen besteht Humboldts tatsächliche Leistung in diesen Feldern gerade darin, den kameralistischen Blick für kleine Territorien auf große Länder und ganze Kontinente geweitet zu haben. Sich gegenseitig beeinflussende natürliche und ökonomische Faktoren auch in diesen Fällen aufzuspüren, zu belegen und zu bilanzieren, dieses geniale Programm hat sich in jeder Hinsicht als außerordentlich fruchtbar erwiesen. Damit war Humboldt seiner Zeit weit voraus.

Resümee

Die meisten der heutigen Fachwissenschaftler und Fachdidaktiker entstammen einer Tradition der Fachkulturen, die sich erst nach Humboldt in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert in voller Breite etabliert hat. Diese ja enorm erfolgreiche Kultur der Fächer beizubehalten und gleichzeitig die Tradition einer fächerverbindenden, bilanzierenden, vergleichenden und bewertenden Gesamtsicht auf die Welt besser als bisher zu pflegen, diese Herausforderung könnte durch sinnvolle didaktische Aufarbeitung des kameralistischen Denkens für die Gegenwart befördert werden.

Literatur

Engel, E. (2019): Alles hängt mit allem zusammen, aus: https://www.zdf.de/nachrichten/heute/reisejahre-250-jahre-alexander-von-humboldt-neu-100.html. (abgerufen 14.10.19)

Humboldt, A. v. (2014): Gutachten und Briefe zur Porzellanherstellung 1792–1795: Hrsg.: Hülsenberg, D. und I. Schwarz. Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, Band 42, 2014.

Pilz, M. (2019): Der erste Öko, aus: https://www.welt.de/kultur/article197646121/Alexander-von-Humboldt-Der-erste-Oeko.html. (abgerufen 14.10.19)

Zincken, G. H. (1764): Allgemeines Oeconomisches Lexicon. Leipzig.

Svantje Schumann
Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz

Der Naturzugang Alexander von Humboldts als Ausgangspunkt für den Aufbau von Verständnis im Bereich „nature of science“

Auseinandersetzung mit Alexander von Humboldt und Verständnis von Nature of Science

In der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften im Fach Sachunterricht existiert u.a. die Forderung, ein Verständnis davon aufzubauen, was in den Disziplinen bzw. Bildungsbereichen des Sachunterrichts Denkweisen und Gegenstandserschließung jeweils charakterisiert. Erhofft wird, dass sich aus einer Auseinandersetzung mit Denkweisen und Erschließungsprozessen ein sinnstiftender Zugang zur Wissenschaft eröffnet. Auch von der Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen, die von Wissenschaflerinnen und Wissenschaftlern in der Vergangenheit praktiziert wurden, erhofft man sich einen Zugewinn von Wissenschaftsverständnis und -bewusstsein. Wie kann aber eine solche Auseinandersetzung aussehen?

Es wird der Frage nachgegangen, welchen naturwissenschaftlichen Zugangs sich Alexander von Humboldt bei seinen Feldforschungen bediente. Ausgehend von dem Versuch einer Charakterisierung der Humboldt’schen Arbeitsweise soll darüber nachgedacht werden, was sich in Bezug auf die sachunterrichtliche Anfangsbildung sowie in Bezug auf die Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern aus der Auseinandersetzung mit Alexander von Humboldt ggf. ableiten lässt.

Nachdenken über Alexander von Humboldt – der Versuch einer rekonstruktionslogischen Erschließung

Eine große Schwierigkeit besteht darin, aussagekräftige und verlässliche Quellen zu finden, in denen sich in repräsentativer Weise Humboldts Arbeits- und Denkweisen widerspiegeln. Zurückgegriffen wird im Folgenden vor allem auf Zitate Humboldts in den Forschungsarbeiten von Knobloch (2009, 2012), erstellt an der BBAW (Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften), die als qualitativ hochwertige Übersetzungen der nicht auf Deutsch verfassten Humboldt-Zitate bekannt sind, weshalb Biographen (u.a. Wulf, 2015) maßgeblich auf diese zurückgreifen. Zugegriffen wird auch auf Forschungsarbeiten von Holl (2012) und Thiemer-Sachse (2013), ebenfalls Forschende der Humboldt-Forschungsstelle.

Ausgehend von Zitaten wird versucht, die Arbeitsweise von Alexander von Humboldt auf rekonstruktionslogischem Wege zu charakterisieren und seine Art des naturwissenschaftlichen Forschens mit moderner naturwissenschaftlicher Forschung zu vergleichen. Exemplarisch – im Folgenden an den Beispielen „Komplexität und Ordnung der Natur“ und „Erschließen der Natur“ aufgezeigt – stellt sich dies wie folgt dar:

a) Komplexität und Ordnung der Natur
Natur war für Humboldt u.a. „*das geheimnisvolle Urbild aller Erscheinungen*" (Humboldt

1845-1862 I, 83, zit. in Knobloch, 2009). Und im Kosmos schrieb Humboldt: „*Im wundervollen Gewebe des Organismus, im ewigen Treiben und Wirken der lebendigen Kräfte, führt jedes tiefere Forschen an den Eingang neuer Labyrinthe*" (Alexander von Humboldt, Kosmos, Bd. 1, 1845, S. 21 bzw. S. 18, zit. in Holl, 2012). Gleichzeitig geht Humboldt davon aus, dass der Kosmos durch Gesetze geordnet ist. Knobloch (2009) schreibt, Alexander von Humboldt sei sich der Erscheinungen als stilles Zusammenwirken der treibenden Kräfte eines Systems bewusst gewesen (Knobloch, 2009). Laut Knobloch wollte Humboldt versuchen, einige große Gesetze der Natur ein Stück weit aufzudecken (Knobloch, 2009, er verweist dabei auf Humboldt 2009a, 274).

Die Auffassung, dass es sich bei der Natur um ein komplexes System handelt, teilen auch die modernen Naturwissenschaften. Und das Aufdecken von in der Natur herrschenden Gesetzmäßigkeiten ist ebenso ein Ziel der modernen Naturwissenschaften. Aber anders als Humboldt würde heutzutage vermutlich kein Naturwissenschaftler mehr die Vorstellung entwickeln, dass es möglich sei, durch individuelle Arbeit die grundlegende Ordnung auch nur teilweise selbst aufzudecken. Und eine nicht geringe Zahl moderner naturwissenschaftlicher Publikationen vermittelt den Eindruck, als hätten zahlreiche Naturwissenschaftler längst aufgegeben, den großen Zusammenhängen nachzuspüren. Die Frage ist, warum Humboldt diese Vorstellung hatte, er könne derartige große Zusammenhänge aufspüren, obwohl er sich der Komplexität der Natur und damit der Schwierigkeit eines solchen Individual-Unterfangens bewusst war. Denn er hatte offenbar eine genaue Vorstellung von der Komplexität der Natur, obwohl zu seiner Zeit noch recht wenig über grundlegende Naturgesetze bekannt war. Die plausibelste Erklärung scheint zu sein, dass Humboldt einen großen Willen nach Erkenntnis in sich trug und dass er überzeugt war von der Sinnhaftigkeit eines Strebens nach Erkenntnis, auch entgegen aller scheinbaren Unmöglichkeitseinwände, und dass er insbesondere davon überzeugt war, dass man gerade Systeme in ihrer Komplexität untersuchen müsse, um zu Erkenntnis zu gelangen. Systeme standen stets im Zentrum seiner Forschungsvorhaben (vgl. z.B. die Untersuchung des Chimborazos oder des Orinocos).

b) Das Erschließen der Natur

Von der Methodik der rationalen Deduktion machte Alexander von Humboldt, im Gegensatz zur modernen Naturwissenschaft, keinen Gebrauch. Dass er das induktive Vorgehen, bezogen auf Erkenntnisgewinn, für wichtig hielt und sich dessen bediente, geht u.a. aus einem Brief von Humboldt an Paul Usteri, 1789 geschrieben, hervor: *„Bei einer kleinen Reise, die ich längst dem Rhein machte, bemerkte ich, dass Lich[en] crispus eine dem Basalte sehr eigene Flechtenart ist. Auch fand ich zwischen Linz und Unkel zuerst Lich[en] capperatus auf Thon-Schiefer. Jeder Stein kann gewiss nicht jeder Pflanze zum Wohnort dienen. Die Natur folgt hier noch unerkannten Gesetzen, die nur erforscht werden können, dass Botaniker mehr Data zur Induktion liefern"* (Brief Alexander von Humboldts an Paul Usteri vom 28.11.1789. In Humboldt *1973:* 74-75, zit. in Knobloch, 2009). Knobloch schreibt: „*Auch Humboldt ließ es an entsprechenden methodologischen Bemerkungen in seinen Werken nicht fehlen. Ähnlich wie Bacon gab er den Mahner und Warner in Sachen Forschungsmethodik: Es könne nicht geschehen, dass wir mit einem einzigen Blick die gesamte Natur richtig betrachten, wenn wir nicht zuvor das Einzelne kunstfertig behandelt haben, „fieri non potest, ut uno obtutu universam naturam recte consideremus, nisi prius singula solerter tractaverimus*" (Humboldt 1815, LVIII; 1815b, 247)" (zit. in Knobloch, 2009).

Humboldt bediente sich besonders häufig auch des Analogieschlusses. Der Analogieschluss ist ein typisch abduktiver Schluss. Er besteht im Schluss auf die ungewissen Teile eines

nicht vollständig bekannten Systems aus der Kenntnis eines ähnlichen, aber vollständig bekannten. Dem abduktiven Schließen liegt ein ausgeprägt ästhetisches Empfinden zugrunde: „*Die Natur muss gefühlt werden*“, schrieb Humboldt an Goethe (zit. in Köchi, 2002). Ganzheitliche, die ästhetische Wahrnehmung einschließende Naturwahrnehmung beinhalte den „*Zauber des Unbegrenzten*“ (Humboldt, 1845 ff., I, 20, zit. in Köchi, 2002). Die in den Reihen der Romantiker geäußerte Besorgnis, mit der naturwissenschaftlichen Betrachtung komme es zur Entzauberung der Welt und das Gefühl vom Geheimnisvollen und Erhabenen verschwinde, hielt Alexander von Humboldt für unbegründet (Köchi, 2002). Beim abduktiven Schließen wird jeder Wahrnehmung, jedem Empfinden und jeder Assoziation eine Berechtigung eingeräumt in dem Sinn, dass daraus eine Ahnung und daraus wiederum eine Frage entstehen kann, die letztlich zu Erkenntnis führen können. Analogieschlüsse haben sich im Verlauf der Wissenschaftsgeschichte als außerordentlich fruchtbar erwiesen und immer wieder wichtige Teilerkenntnisse erbracht. Gleichwohl ist festzustellen, dass das abduktive Schließen und seine Natur bis heute vergleichsweise wenig untersucht sind.

Ergebnisse: Ableitungen für die Aus- und Weiterbildung von PädagogInnen

Allein die Auseinandersetzung mit Begriffen, die Alexander von Humboldt verwendete, z.B. mit seinem Begriff der „Lebendigkeit“, fordert dazu heraus, sich mit Wissenschaft im Sinne von Nature of Science auseinanderzusetzen. Folgende Thesen wurden aufgestellt:

- These 1: In der Auseinandersetzung mit Alexander von Humboldt ergibt sich die Chance, dass Pädagoginnen und Pädagogen ein Verständnis davon entwickeln, wie naturwissenschaftliches Wissen generiert wird. Sie können erfahren, was Denkweisen und Gegenstandsrekonstruktionen früher und in den verschiedenen Disziplinen heute jeweils charakterisiert. Es erscheint möglich, auf diese Weise einen sinnstiftenden Zugang zur Wissenschaft zu finden. Damit erhöht sich auch die Chance für Lehrkräfte, Kindern einen sinnstiftenden Zugang, Wege des rekonstruktionslogischen Erschließens und das Erlebnis eines Zuwachses an Orientierung in der Welt zu ermöglichen.
- These 2: Pädagoginnen und Pädagogen können erfahren, dass in den Naturwissenschaften zur Erkenntnisgewinnung sowohl empirisches als auch rationales Vorgehen erforderlich ist, und dass diese Vorgehensweisen keine widersprüchlichen Kategorien darstellen. Empirisch gewonnene Daten können durch rationale Interpretation zu mehr oder weniger allgemein gültigen Theorien führen. Es können aber auf rationalem Wege kreierte Theorien durch empirisch gewonnene Daten geprüft werden. Erkenntnis beruht nicht ausschließlich auf Sinneserfahrung, sie kann aber auch nicht auf diese verzichten.
- These 3: Pädagoginnen und Pädagogen können Formen des Erschließens - Abduktion, Induktion und Deduktion - verstehen. Gerade das abduktive Schließen sollte erlebt werden, weil sich Kinder häufig Phänomenen auf diese Weise nähern. Pädagoginnen und Pädagogen sollten die Erfahrung machen können, dass auch moderne naturwissenschaftliche Erkenntnisgenerierung nicht frei ist von Intuition und Emotion.
- These 4: Pädagoginnen und Pädagogen können eine realistische Vorstellung von der Wissenschaftsgeschichte und ihrer Bedeutung im Sinne der Erkenntnisgenerierung bekommen.
- These 5: Pädagoginnen und Pädagogen können verstehen, dass wissenschaftliche Theorien deduktiv nicht beweisbar, wohl aber falsifizierbar sind. Je mehr Phänomene eine Theorie verständlich macht und je mehr mit einer Theorie erklärt werden kann, desto akzeptierter und angesehener ist die Theorie. Sie können den Unterschied zwischen Wirklichkeit und Theorie erkennen.

Literatur

Holl, Frank (2012). „Die zweitgrößte Beleidigung des Menschen sei die Sklaverei ...“ - Daniel Kehlmanns neu erfundener Alexander von Humboldt. HiN - Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien (Potsdam - Berlin) XIII, 25, S. 46-62 (2012). Verfügbar unter http://www.uni-potsdam.de/u/romanistik/humboldt/hin/hin25/holl.htm, Stand 15.09.2019.

Humboldt, Alexander von (1815). De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium, prolegomena. Paris. Ich zitiere den Wiederabdruck in: Aimé Bonpland und Alexander von Humboldt. Nova genera et species plantarum quas in peregrinatione ad plagam aequinoctialem orbis novi collegerunt, descripserunt, partim adumbraverunt. Ex schedis autographis

Humboldt, Alexander von (1845-1862/2004). Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. 5 Bände. Stuttgart-Tübingen. Ich zitiere den Nachdruck: Alexander von Humboldt, Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Hrsg. von Ottmar Ette und Oliver Lubrich. Frankfurt a. M.

Knobloch, Eberhard (2009). Alexander von Humboldts Weltbild. HiN X, 19 (2009). Verfügbar unter https://www.uni-potsdam.de/romanistik/hin/hin19/knobloch.htm, Stand 05.09.2019.

Knobloch, Eberhard (2012): Alexander von Humboldt und Carl Friedrich Gauß - im Roman und in Wirklichkeit. HiN - Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien (Potsdam - Berlin) XIII, 25, S. 63-79 (2012). Verfügbar unter http://www.uni-potsdam.de/u/romanistik/humboldt/hin/hin25/knobloch.htm,Stand 15.09.2019.

Köchi, Kristian (2002). Das Ganze der Natur. Alexander von Humboldt und das romantische Forschungsprogramm. HiN - Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien (Potsdam - Berlin) III, 5 (2002). Verfügbar unter https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/1834/file/koechy.pdf, Stand 15.09.2019.

Thiemer-Sachse, Ursula (2013): „Wir verbrachten mehr als 24 Stunden, ohne etwas anderes als Schokolade und Limonade zu uns zu nehmen“. Hinweise in Alexander von Humboldts Tagebuchaufzeichnungen zu Fragen der Verpflegung auf der Forschungsreise durch Spanisch-Amerika. HiN - Humboldt im Netz. Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien (Potsdam - Berlin) XIV, 27, S. 77-83 (2013). Verfügbar unter http://www.uni-potsdam.de/u/romanistik/humboldt/hin/hin27/ts.htm, Stand 15.09.2019.

Wulf, Andrea (2015). Alexander von Humboldt und die Erfindung der Natur. 7. Auflage. C. Bertelsmann Verlag.

Svenja Pansegrau Europa-Universität Flensburg
Maike Busker

Synthetische und pflanzliche Laxantien im Chemieunterricht

Ausgangspunkte und Hintergründe

Medikamente verbessern seit langem die Lebensqualität von Menschen. Um die Wirksamkeit von Medikamenten beurteilen, Gefahren einschätzen sowie die Entwicklung und Weiterentwicklung von Medikamenten vorantreiben zu können, sind Kenntnisse in der Chemie wesentlich. Den Umgang mit Medikamenten zu erlernen, ist wichtig für eine gesunde Lebensführung und ein Teil der Gesundheitserziehung. Auch im Chemieunterricht ist das Themengebiet der Medikamente, wie beispielsweise in den Fachanforderungen der Sek II in Schleswig-Holstein (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein, 2019), verankert. Vorschläge für die Behandlung von Medikamenten im Chemieunterricht liegen insbesondere für Schmerzmittel wie Aspirin (Latzel, 1985) und Paracetamol (Wegner, Pulka & Risch, 2016) vor. Eine weitere Wirkstoffgruppe, die für den Unterricht einen geeigneten und interessanten Ausgangspunkt bietet, stellen die Laxantien (Abführmittel) dar. Diese bieten viele Anknüpfungspunkte, wie beispielsweise:

- den Missbrauch von Laxantien,
- die Prüfung der Reinheit von verschiedenen Laxantien,
- die Unterschiede von pflanzlichen und synthetischen Wirkstoffen.

Der Gebrauch von Laxantien lässt sich bis in die Antike zurückverfolgen. Das Ausleiten überschüssiger Körperflüssigkeiten war schon damals eine wesentliche therapeutische Maßnahme. Vor 4500 Jahren berichteten die alten Ägypter z.B. von der Einnahme des Rizinusöls bei Verstopfung und Darmträgheit. Andere pflanzliche Laxantien, wie Sennesblätter und Aloe, sind ebenfalls bereits seit Langem aufgrund ihrer abführenden Eigenschaften bekannt. Im 19. Jahrhundert erfreute sich eine sogenannte Abführschokolade großer Beliebtheit. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde dieser Abführschokolade unter anderem der Wirkstoff Phenolphthalein zugesetzt, welcher heutzutage aufgrund der karzinogenen Wirkung und vieler unangenehmer Nebenwirkungen obsolet ist (Anagnostou, 2008). Im Handel wird heutzutage eine große Bandbreite an Laxantien mit pflanzlichen und synthetischen Wirkstoffen rezeptfrei angeboten. Sie wurden damals wie heute auch zum Zweck der Entschlackung“ und Blutreinigung“ angewendet. Laxantien werden von vielen Jugendlichen mit Essstörungen missbraucht, um z. B. Fressattacken rückgängig zu machen. Ebenso werden die Arzneimittel entgegen dem eigentlichen Einsatzspektrum zur Gewichtsreduktion eingenommen (Ganso, Goebel, Hinz, Said & Schulz, 2018). Eine solche Anwendung von Laxantien schadet aber immens der Gesundheit (Glaeske, Holzbach & Boeschen, 2015). Häufig davon betroffen sind Mädchen und junge Frauen (Glaeske, Holzbach & Boeschen, 2015). Zur Prävention sollte das Thema Laxantien daher im Schulunterricht betrachtet werden, um so Schülerinnen und Schülern im verantwortungsvollen Umgang mit solchen „Entschlackungs- und Abnehmprodukten“ zu schulen. Das Forschungsprojekt verfolgt zwei Ziele:

- Das Themengebiet „Laxantien“ in der experimentellen Schulchemie zu erschließen;
- Vorstellungen und Überzeugungen von Jugendlichen zur Einnahme von Medikamenten (insbesondere zu Laxantien) zu erheben.

Entwicklung von Schulexperimenten zum Thema Laxantien

Theoretischer Hintergrund und Zielstellung

Aufgrund unterschiedlicher Wirkungsweisen werden vier Gruppen der Laxantien unterschieden: Quellstoffe, osmotisch wirkende Laxantien antiresorptiv und hydragog wirkende Laxantien sowie Gleitmittel (Auterhoff, Knabe & Höltje, 1999). Diese verschiedenen Laxantiengruppen bieten ein großes Potential für den experimentellen Chemieunterricht. Für die verschiedenen Wirkstoffgruppen sollen Experimente zur Synthese bzw. Extraktion des Wirkstoffs, zur Herstellung des Medikaments in verschiedenen Darreichungsformen, zur Reinheitsprüfung sowie Modellexperimente zur Wirkungsweise entwickelt werden.

Ausgewählte Ergebnisse

Die pflanzlichen Quellstoffe (s. Abb. 1), wie Leinsamen, Flohsamen und Kleie, lassen sich im Schulunterricht auf ihre Quellfähigkeit (Europäisches Arzneibuch, 2014) untersuchen. Durch diese Untersuchung sollen die Schüler und Schülerinnen sehen, wie diese Quellstoffe im Darm wirken und welche Auswirkungen diese auf die Darmwände haben. Neben diesen bewährten „Hausmitteln“ wird derzeit auch sogenanntes „Superfood“ beworben Hierzu zählen u.a. Chiasamen. Diese sollen mit den herkömmlichen Quellstoffen verglichen werden. Bei der Quellfähigkeit hat sich eine Versuchsdurchführung mit Teebeuteln als gut für den Chemieunterricht umsetzbar herausgestellt. Des Weiteren können Leinsamen und Chiasamen mit Hilfe der Jodzahlbestimmung und dem Baeyer Reagenz quantitativ sowie qualitativ auf ungesättigte Fettsäuren untersucht werden (Seel, Huwer, Luxenburger-Becker, Hempelmann, Eilks, Garner, & Siol, 2017).

Abbildung 1: Verschiedene Quellmittel aus der Apotheke und dem Reformhaus

Untersuchung von Einstellungen zu Medikamenten insbesondere zu Laxantien

Theoretischer Hintergrund und Methodik

Der Beginn eines hohen Tablettenkonsums ist oft schon in der Kindheit festzustellen. Bei einer Befragung von Jugendlichen im Alter von 13-16 Jahren hatten insgesamt ca. 43% aller Jungen und ca. 48% aller Mädchen mindestens ein Arzneimittel in den letzten 7 Tagen angewendet (Morlang, 2006). Untersuchungen zu Alltagsvorstellungen (z.B. zur Wirkungsweise von Medikamenten oder zur Wirkung und Nebenwirkungen von pflanzlichen und synthetischen Wirkstoffen) liegen derzeit nicht vor. Um diesem Forschungsdesiderat zu begegnen, wurde eine erste Erhebung zu den Vorstellungen der Jugendlichen in Bezug auf Medikamente und im speziellen zu Laxantien durchgeführt. Dazu wurde ein Fragebogen mit einer 5-stufigen

Likert-Skala und offenen Fragen entwickelt. Für die Pilotierung wurde die Befragung von 44 Schülerinnen und Schüler der Jahrgänge 8 und 9 an einer Gemeinschaftsschule herangezogen.

Erste Ergebnisse

Insgesamt zeigen sich bei einer deskriptiven Betrachtung der Ergebnisse erste interessante Befunde. So zeigen sich im Vergleich verschiedener Wirkstoffe (pflanzliche oder synthetische) oder dem Bezug aus der Apotheke oder einer Drogerie Unterschiede in der Einschätzung durch die Schülerinnen und Schüler. So werden synthetischen Wirkstoffe mehr Nebenwirkungen und eine bessere Wirksamkeit zugesprochen. Laxantien werden als teilweise gut für die Verdauung wahrgenommen und Diätpillen als eher gesundheitsschädlich (siehe Abb. 2). Beim Kauf von Medikamenten steht das Original-Medikament und die Empfehlung eines Apothekers im Vordergrund.

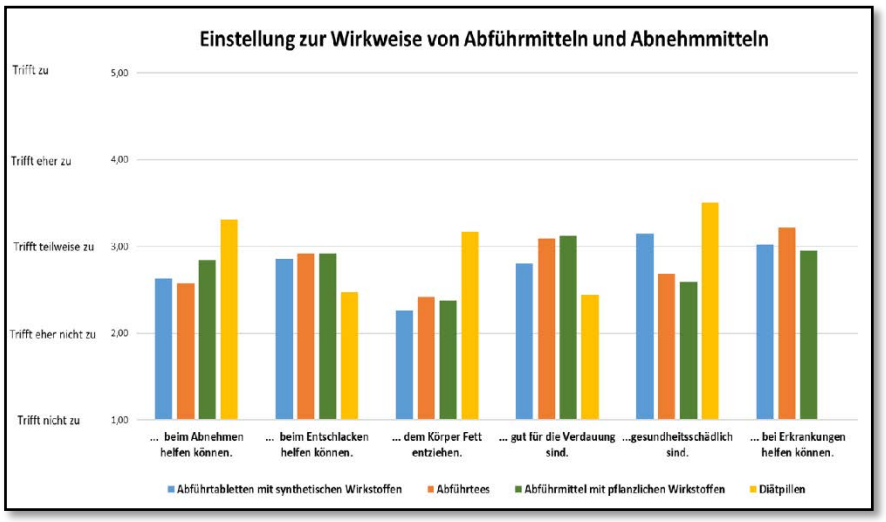


Abbildung 2: Auswertung zur Einstellung der Wirkweise von Abführmitteln und Medikamenten

Ausblick

Derzeit werden Experimente für die weiteren Wirkstoffgruppen entwickelt. Der Fragebogen zur Erhebung der Einstellungen und Vorstellungen zum Medikamenteneinsatz wird derzeit überarbeitet. Eine erneute Erhebung ist für das Frühjahr 2020 geplant. Die Ergebnisse der experimentellen und empirischen Arbeiten sollen dann in einer Unterrichtskonzeption zusammengefasst werden.

Literaturverzeichnis:

Anagnostou, S. (2008). „Qui bene purgat bene curat“ - Vom antiken Purgans zum modernen Laxans In Pharmazie in unserer Zeit, Vol. 37/2, S.121-129, 2008

Auterhoff, H., Knabe, J. & Höltje, H. D. (1999). Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 14 Auflage, S. 592 ff

Europäisches Arzneibuch (2014). 8. Ausgabe. Grundwerk 2014 inkl. 1 Bis 7 Nachtrag. Deutscher Apothekerverlag, Stuttgart

Ganso, M., Goebel, R., Hinz, B., Said, A. & Schulz, M. (2018). Medikamente. Abhängigkeit und Missbrauch. Leitfaden für die apothekerliche Praxis. Bundesapothekerkammer (BAK) (Hrsg), S. 29-30

Glaeske, G., Holzbach, R. & Boeschen, D. (2015). Medikamentenabhängigkeit. Suchtmedizinische Reihe. Band 5, S. 103 ff

Latzel, G. (1985) Synthese eines Arzneistoffes als Schülerversuch Praxis der Naturwissenschaften Chemie Vol. 34/6, S. 9-13

Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein. Fachanforderungen (2019). Chemie Allgemeinbildende Schulen, Sekundarstufe I/II, S 55-61, Kiel

Morlang, S. (2006). Medikamente. Missbrauch schon bei Kindern und Jugendlichen. Im Internet: [www.bkk.webtv.de/media/pdfs/medikamentenmissbrauch.pdf]

Seel, M., Huwer, J., Luxenburger-Becker, H., Hempelmann, R., Eilks, I., Garner, N. & Siol, A. (2017): Omega-3-Fettsäuren in Schülerlabor und Unterricht. In: Chemkon Vol. 24/5, S. 391ff.

Wegner, C., Pulka, S. & Risch, B. (2016). Synthese und Analyse des Arzneistoffs Paracetamol im Schülerlabor Chemkon Vol. 23/3, S 131 ff

Ingo Kober Technische Universität Darmstadt
Markus Prechtl

Seltenerdelemente – historische und fachdidaktische Analyse

Von der Stoffgeschichte…

Die Seltenerdelemente (SEE) umfassen 17 Elemente: Scandium, Yttrium und die Elemente Lanthan bis Lutetium. Mit Ausnahme des radioaktiven Promethiums kommen sie in der Natur vor und treten in Mineralien miteinander vergesellschaftet auf, da sie sich chemisch sehr ähneln. Dies ist auch der Grund, warum sie technisch schwer voneinander zu trennen sind (vgl. Bock & Fischer, 2004, 67ff.). Der historisch einzuordnende Terminus Seltene Erden, rührt daher, dass zunächst die Oxide (Erden) der SEE beschrieben wurden. In diesem Zusammenhang ist „selten“ nicht im Sinne von „rar“ zu verstehen, wenngleich aktuell die SEE zu den kritischen Rohstoffen gezählt werden. Selbst das seltenste SEE, Thulium, tritt in der Erdkruste häufiger auf als Iod und Silber (Trueb, 2005, 111). Eingedenk der Tatsache, dass die SEE der Forschung lange Rätsel aufgaben, träfe eher die Konnotation „seltsam“ zu. So berichtet Sir William Crookes 1902 (andere Publikationen geben das Jahr 1887 an): „Diese Elemente verblüffen uns in unseren Untersuchungen, widersprechen unseren Annahmen und verfolgen uns in unseren Träumen“ (Marschall & Holdinghausen, 2018, 11; Bünzli & Pecharsky, 2012, 9). Aus diesem Grunde währte die Entdeckungsgeschichte der SEE mehr als 100 Jahre – eine Zeitspanne mannigfaltiger Missverständnisse und Irrtümer. Die Stoffgeschichte der SEE ermöglicht sowohl historisch-genetische als auch historisch-problemorientierte Unterrichtskonzeptionen, ohne dabei Selbstzweck zu sein. Exemplarisch können zum einen Stoff-Eigenschafts-Beziehungen erarbeitet werden und zum anderen wird über den Blick auf die historische Forschung diese als Kulturleistung gewürdigt, was letztendlich zu einem tieferen Verständnis von Nature of Science (NOS) führt. Im Hinblick auf Vorgaben der Kerncurricula für die gymnasiale Oberstufe im Fach Chemie, können die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und besonders die Bewertung und Reflexion in einem fachübergreifenden Kontext erworben werden (vgl. Reiners, 2017).

…zum Unterrichtsverfahren Stoffgeschichten

Bis in die 1990er-Jahre hinein gab es im Wesentlichen nur drei Anwendungsbereiche für die SEE: Katalysatoren für das Erdöl-Cracken (31 %), Keramik (29 %) und Metallurgie (37 %). Mittlerweile ist das Spektrum für SEE-basierte Anwendungen sehr viel breiter. SEE spielen eine zentrale Rolle als Bestandteil von Dauermagneten, die in nachhaltigen Technologien wie Windkraft und E-Mobilität zum Einsatz kommen, in der Diagnostik und Medizin zur Krebstherapie sowie in der Elektrotechnik (Kondensatoren, Sensoren) (Adler & Müller, 2015, 73f.). Die Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern betreffen sie unmittelbar, da weder Smartphones, Tablets noch Kopfhörer ohne die SEE-haltigen Verbindungen funktionieren würden. Trotz des deutlichen Lebensweltbezugs liegen für den Unterricht bislang nur wenige fachdidaktische Beiträge zu SEE vor (Reiners 2017; Reiners 2003). Dabei sind zahlreiche thematische Vernetzungen mit dem Konzept einer Bildung für nachhaltigen Entwicklung über die Aspekte Kritikalität, Recycling und Substitution von SEE realisierbar. Vermittels des Unterrichtsverfahrens „Stoffgeschichten“ (Schmidt & Reller, 2012) eröffnen sich, neben Zugängen zum Kompetenzbereich Fachwissen (Vorkommen, Reserven, Eigenschaften der SEE), Möglichkeiten der Entwickelung eines naturwissenschaftlichen Problembewusstseins bei den Jugendlichen, bezogen auf technische Entwicklungen, Substitutionsmöglichkeiten, ökonomische und ökologische Aspekte, geopolitische Einflussfaktoren etc. – und damit ein Zugang zur multidimensionalen Scientific Literacy.

Problemstellungen und Methoden des Forschungsvorhabens

Fokus Stoffgeschichte: Im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgten bisher Recherchen zu und Analysen von Literaturquellen zur Entdeckungsgeschichte der SEE. Die Primärliteratur und Laborjournale lieferten konkrete Eindrücke von den Arbeitsweisen der Chemiker. Bei dieser Sichtung wurden Unklarheiten und Widersprüche in den Quellen augenscheinlich, zudem wurde deutlich, dass zentrale Schlüsselmomente in der Forschungsgenese, wie beispielsweise die Verwechslung von Erbium und Terbium, nur kurz (Pilgrim, 1951, 275) oder überhaupt nicht (Trivonov, 1984) erwähnt wurden. Daher wird im Forschungsvorhaben darauf hingezielt, vermittels einer Analyse von Originalarbeiten wie Briefwechseln, die fruchtbaren Momente naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung widerspruchsfrei und pointiert darzulegen. In dem nachfolgenden Abschnitt werden hierzu ausgewählte Befunde dargelegt. Bei der Sichtung von Literaturquellen ergaben sich auch Beschränkungen, da Originalarbeiten von Marignac und Cleve nur in französischer bzw. schwedischer Sprache vorliegen, und nur eine kleine Anzahl an Originalarbeiten von Nils Johan Berlin zugänglich ist. Dies macht weiterführende Recherchen notwendig.

Fokus Unterrichtsverfahren Stoffgeschichten: In Bezug auf die Implementierung von SEE in den Schulunterricht stellt sich die Frage, wie Unterricht so gestaltet werden kann, dass neben dem Erwerb von Faktenwissen über die SEE und ihre Anwendungen, der Aspekt der Nachhaltigkeit und die Förderung der naturwissenschaftsbezogenen Bewertungskompetenz in den Mittelpunkt gerückt werden können. Es ist anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler anhand von Kritikalitätsanalysen erfahren können, dass die Interdependenz von quantitativen und qualitativen Daten und Fakten eine angemessene Bewertungsgrundlage für die Kritikalität von Stoffen bietet. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird deshalb ein Unterrichtsgang nach den Leitlinien des Unterrichtsverfahrens Stoffgeschichten entwickelt, gemeinsam mit einem Chemiekurs erprobt und in qualitativer Begleitforschung evaluiert.

Ausgewählte Fallbeispiele aus den Quellenanalysen und fachdidaktische Implikationen

Beispiel 1: Die Durchsicht der Literatur zur Entdeckungsgeschichte legt offen, dass mehrere Chemiker bei der Gadolinit-Untersuchung zu verschiedenen, uneinheitlichen Ergebnissen kamen. Im Jahr 1796 konstatierte Gadolin, nach eingehenden Untersuchungen von Ytterbit, es bestehe zu 31 % aus Kieselerde, 19 % Alaunerde, 12 % Eisenkalk und 38 % einer unbekannten Erde, also dem Oxid eines neuen Elements (vgl. Gadolin, 1796, 321). Ytterbit wurde später zu Ehren Gadolins in Gadolinit umbenannt, wie bei Klaproth nachzulesen ist: „Herr Gadolin hat den Verdienst, diese neue Erde im Gegenwärtigen Fossil zuerst entdeckt zu haben; weshalb ich auch, mit mehreren Naturforschern, dessen Namen Gadolinit der ersteren Benennung Ytterbit vorziehe“ (Klaproth, 1802, 54). 1799 bestätigte der Schwede Ekeberg Gadolins Ergebnis. Auch er fand neben Kieselerde (25 %), Eisenoxid (18 %) und Thonerde (4,5 %) eine bis dato noch unbekannten Erde (47,5 %) (vgl. Ekeberg, 1799, 192). Die „Yttererde“ wurde zudem durch den Deutschen Klapproth (59,75 %) und den Franzosen Vauquelin (35 %) bestätigt. Irrtümlicherweise waren alle vier Forscher von Aluminiumoxid anstatt von Berylliumoxid ausgegangen. Nach weiteren Untersuchungen nahm Ekeberg eine Korrektur vor, indem er die Zusammensetzung des Gadolinits folgendermaßen angab: 23 % Kieselerde, 16,5 % Eisenoxid, 4,5 % Beryllerde und 55,5 % Ytterede (vgl. Gilbert, 1803, 247). Im selben Beitrag wird die Problematik der Verwechselung von Berylliumoxid mit Aluminiumoxid ausdrücklich erwähnt: „Beryllerde haben weder Vauquelin noch Klaproth im Gadolinit gefunden. Doch lässt sich Ekeberg´s Angabe nicht bezweifeln, da er die Unterschiede beider Erden sehr wohl kannte“ (ebd., 249). Für den Unterricht bieten solche Bekundungen fruchtbare Lernanlässe. Denn im Gegensatz zur Darlegung banaler Genie- und Heldengeschichten (vgl. die Kritik bei Hofheinz, 2008, 131), wird die Frage aufgeworfen, wie Ekeberg seinen Fehler feststellte und folglich die Fehlbarkeit von Forschern erwogen.

Beispiel 2: Aus unserer heutigen Sicht unterhaltsame Episoden sind dem Briefwechsel zwischen Berzelius und Wöhler zu entnehmen. Über die Entdeckung des Lanthans schrieb Berzelius: „Ich glaube mich zu erinnern, dass ich in meinem letzten Brief Dir erzählte, dass einer von Sefströms Schülern, Erdmann, in einem Mineral aus Norwegen ein neues Metall entdeckt zu haben meint. […] Habe ich aber in meinem letzten Briefe etwas über Mosanders neue Erde erwähnt? Sie ist vollständig konstatiert. Als ich Mosander Erdmanns kleines Pröbchen zeigte, kam er damit heraus, dass auch er etwas Neues im Cerit gefunden hätte. Obgleich wir uns täglich sehen, hatte er mir doch nie vorher mit einem halben Atemzug etwas darüber verraten“ (Wallach, 1901, 89). In einem weiteren Brief an Berzelius haderte Wöhler mit dem Namen Didymium: „Was ich nämlich vorzuschlagen habe ist: eine Änderung des Nahmens Didymium. Verzeih mir, dass ich an einem Nahmen, der vielleicht von Dir, dem glücklichsten aller Nahmenmacher erfunden worden ist, etwas auszusetzen habe. Aber dieser Nahmen will mir durchaus nicht gefallen […] Es ist in dem Klang für ein deutsches Ohr so zu sagen etwas Kindisches, etwas Läppisches“ (ebd., 321). – Bei der Erarbeitung solcher Fälle lernen die Schülerinnen und Schüler, dass Forschung eine Kulturleistung ist, die im wissenschaftlichen Austausch von Menschen erbracht wird, deren Gütekriterien ausgehandelt werden und sich im historischen Kontext auch verändern können. Damit rücken die forschenden Menschen wieder stärker in den Fokus des Nachdenkens über und des Erlebens der Wissenschaft Chemie.
Beispiel 3: Tragischer Art war der Prioritätsstreit zwischen Auer von Welsbach und Urbain, in dem auch die Konkurrenz zwischen der Habsburger-Monarchie und Frankreich zum Ausdruck kommt und der teils nationalistische Züge trug (vgl. Pohl, 2008, 69). 1910 schrieb Urbain in der Zeitschrift für Anorganische Chemie: „Es bleibt also von dem Artikel des Herrn Auer v. Welsbach nicht mehr übrig, als Betrachtungen, die zu verstehen mir schwer fallen, es sei denn, dass er so weit geht mich eines bloßen Abschreibens zu beschuldigen. Auf eine solche Beschuldigung könnte ich nur dann antworten, wenn sie präzisiert wäre“ (Urbain, 1910, 241). Dieser Streit wurde erst nach dem Ersten Weltkrieg beigelegt. Eine Kommission, in der allerdings kein deutscher oder österreichischer Vertreter zugelassen war, entschied zugunsten Urbains. – Anhand solcher und ähnlicher Fälle erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass die Chemie eine politische Dimension haben kann. Ihnen wird damit ein fachdidaktischer Zugang zur multidimensionalen Scientific Literacy geboten.

Ausblick

Während Deng Xiaoping die Vorkommen an SEE seines Landes mit den Ölvorkommen der arabischen Welt verglich und die Japaner sie als Vitamine der Industrie bezeichneten, fristen die SEE in der Schule ein Schattendasein. Schullehrbücher erwähnen sie oft überhaupt nicht, obwohl sie durch ihre Anwendungen in Smartphones, Kopfhörern, Tablets usw. längst in der Lebenswelt von Jugendlichen angekommen sind. Curriculare Innovationen wären somit sehr wünschenswert. Sie lassen sich legitimieren, in Hinblick auf die Option einer Anbahnung von naturwissenschaftsbezogenen Kompetenzen für die Partizipation an einer an Fortschritt und Nachhaltigkeit orientierten Gesellschaft. Das vorliegende Forschungsvorhaben zielt in diese Richtung via die Stoffgeschichte der SEE und Stoffgeschichten von Schülerinnen und Schülern über die SEE. Aktuell wird eine Unterrichtsreihe mit einem Chemiekurs des Ludwig-Georgs-Gymnasiums in Darmstadt erprobt.

Literatur

Adler, B. & Müller, R. (2014). *Seltene Erdmetalle. Gewinnung, Verwendung und Recycling*. Ilmenau: Univ.-Verl. Ilmenau (Berichte aus der Biomechatronik, 10).

Altenberger, U. & Oberhänsli, R. (2012). Vom Atom zum Hightec-Produkt. Minerale der Seltenerdelemente als Rohstoffe. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule* 61(7).

Bock, R. & Fischer, W. (2004). *Die Trennung der Seltenerdelemente und anderer Gemische*. In memoriam Werner Fischer 1902 - 2001.

Bünzli, J.-C. G. & Pecharsky, V. K. (2012). *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. Including Actinides*. Burlington: Elsevier Science.

Eckeberg, A. (1799). Ferne Untersuchungen der schwarzen Steinart von Ytterby und der, in derselben gefundenen eigenen Erde. *Allgemeines Journal der Chemie*, 187-195.

Emsley, J. (2002). *Nature's building blocks. An A-Z guide to the elements. Repr. (with corr.)*. Oxford: Oxford Univ. Press.

Enghag, P. (2004). *Encyclopedia of the elements. Technical data, history, processing, applications*. Weinheim: Wiley-VCH.

Figurovskij, N. A. (1982). *Die Entdeckung der chemischen Elemente und der Ursprung ihrer Namen*. Köln: Deubner.

Gadolin, J. (1796). Von einer schwarze, schweren Steinart aus Ytterby Steinbruch in Roslagen in Schweden. *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltskunst und Manufakturen*, 313-329.

Gilbert, L. W. (1803). Wesentliche Verschiedenheiten der Yttererde von der Beryllerde. *Annalen der Physik (14)*, S. 247-249.

Herzfeld, J. & Korn, O. (2012*). Chemie der seltenen Erden. [Nachdruck d. Originals 1901]*. Bremen: Unikum.

Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über „Nature of Science".* Dissertation Universität Siegen.

Klaproth, M. H. (1802). *Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper*: Decker und Compagnie. Heinrich August Rottmann.

Marschall, L. & Holdinghausen, H. (2018). *Seltene Erden. Umkämpfte Rohstoffe des Hightech-Zeitalters*. München: oekom.

Pykkö, P. & Orama, O. (1996). What did John Gadolin actually do? In C. H. Evans (Hrsg.), *Episodes from the history of the rare earth elements*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (Chemists and chemistry, 15).

Pilgrim, E. (1951). *Entdeckung der Elemente mit Biographien ihrer Entdecker*. Stuttgart: Mundus-Verlag.

Pohl, W. G. (2008). Carl Auer von Welsbach als Konkurrent von Georges Urbain. In P. Schuster (Hrsg.), Carl Freiherr Auer von Welsbach (1858-1929). Symposium anlässlich des 150. Geburtstages, Wien, 4. Juni 2008 (59-69). Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Prechtl, M. & Schmidt, R. (2019). Shaping the future with Rare Earth Elements – Model Experiments for "damage monitoring" with [Eu(DBM)$_4$TEA] and for Recycling Neodym(III) Sulfate from Hard Disc Magnets. *World Journal of Chemical Education 7*(2), 90-95.

Reiners, Ch. S. (2017). Kritische Rohstoffe! – Kritische Unterrichtsstoffe? Eine fachdidaktische Reflexion am Beispiel der Seltenen Erden. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 28*(161), 8-12.

Reiners, Ch. S. (2003). Die Scandiumgruppe (3. Gruppe, III. Nebengruppe). In W. Glöckner, W. Jansen, & R. G. Weissenhorn (Hrsg.), *Chemie der Gebrauchsmetalle: Bd. 5. Handbuch der experimentellen Chemie Sekundarbereich II* (1-27). Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Schmidt, C. & Reller, A. (2012). Bewerten lernen durch Stoffgeschichten und Kritikalitätsanalysen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 23*(127), 44-47.

Trivonov, D. T. (1984). *The price of truth. The story of Rare-Earth-Elements*. Moskau: Mir Publishers.

Trueb, L. F. (2005). *Die chemischen Elemente. Ein Streifzug durch das Periodensystem*. Stuttgart: Hirzel.

Urbain, G. (1910). Lutetium und Neoytterbium oder Cassiopeium und Aldebaranium. *Zeitschrift für Anorganische Chemie 68*(1), 236-242.

Wallach, O. (1901*). Briefwechesl zwischen J. Berzelius und F. Wöhler*. Im Auftrage der köngl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mit einem komment. Leipzig. Engelmann.

Weeks, M. E. & Leicester, H. M. (Hrsg.) (1960). *Discovery of the elements*. Easton (Pennsylvania): Journal of Chem. Education.

Simone Suppert[1] [1]Universität Salzburg
Silvia Alexandra Havlena[2] [2]PH Salzburg
Timo Fleischer[1]
Alexander Strahl[1]

Chemie und Physik in belletristischer Literatur
Kontextorientierung

Spätestens seit den PISA-Testungen steht fest: Um die Lesekompetenz unserer Schülerinnen und Schüler steht es leider nicht zum Besten. Die bisher veröffentlichten Ergebnisse der Testungen (darunter in den Jahren 2000, 2009 und 2018 mit dem Schwerpunkt *Lesen*) zeigen deutlich, dass es ein Segment leseschwacher Schülerinnen und Schüler gibt, auf das es verstärkt zu achten gilt (vgl. Dawidowski, 2016). Bisher wurden die Lesekompetenz und auch das Leseinteresse vor allem in naturwissenschaftlichen Unterrichtsgegenständen regelrecht stiefmütterlich behandelt, doch sollten gerade Lesekompetenz und Freude am Lesen nicht mehr ausschließlich dem Deutschunterricht vorbehalten sein. Die Einbettung literarisch basierter Themenstellungen eröffnet dem Chemie- und Physikunterricht völlig neue Möglichkeiten, um die Schülerinnen und Schüler für naturwissenschaftliche Inhalte zu begeistern und gleichzeitig ihre Lesekompetenz zu fördern, sowie ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten zu steigern (vgl. Pospiech, 2005; Strahl, Herbst, Havlena & Bierwirth, 2016).

Anhand ausgewählter Textstellen lassen sich chemische und/oder physikalische bzw. generell naturwissenschaftliche Themengebiete alltagsnah präsentieren. Das Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Österreich) beschreibt in sämtlichen Lehrplänen, dass die Relevanz des jeweiligen Unterrichtsgegenstandes für die Umwelt und Gesellschaft dargelegt und für die Schülerinnen und Schüler begreifbar gemacht werden soll. Dies geschieht bereits mittels des Einsatzes von Filmen, von Zeitungsartikeln usw. Neu ist jedoch der Ansatz, belletristische Literatur im naturwissenschaftlichen Unterricht einzubringen, um eine entsprechende Kontextorientierung zu generieren (vgl. Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016). Weiterhin eröffnet der Einsatz belletristischer Literaturstellen im Chemie- und Physikunterricht neue Wege, um Schülerinnen und Schüler hinsichtlich des Umgangs mit sogenannten „alternativen Fakten“ zu sensibilisieren. Ganz nach dem Motto: „facto or fiction“ können in den Literaturstellen dargestellte Inhalte naturwissenschaftlich hinterfragt und überprüft werden. Somit fördert man die Bildung der Unterscheidungskompetenz von Lebenswirklichkeit und Fiktion (vgl. Leubner & Saupe, 2009).

Bisher konnte eine Sammlung von bereits über einhundert Texten zusammengestellt werden, welche sich vor allem für den Chemie- und Physikunterricht, teils auch für den Biologieunterricht, eignen. Aktuell werden weitere Texte gesucht und hinsichtlich der Eignung für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht überprüft. Hierzu werden des Weiteren Aufgaben und Fragestellungen zu den ausgewählten Textstellen gestaltet. Nachfolgend finden Sie eine bereits für den Chemie- und Physikunterricht aufgearbeitete Textstelle aus Andy Weirs *Der Marsianer*. Die Fragestellungen wurden so gewählt, dass bereits erworbenes Wissen aktiviert und der Erwerb neuen Wissens gefördert wird. Die Einsatzmöglichkeiten der ausgewählten Textstelle im Chemie- und/oder Physikunterricht sind vielfältig. So kann sie nicht nur in einem der Unterrichtsfächer verwendet, sondern auch im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichts eingesetzt werden. Dadurch kann neben der scientific literacy auch das interdisziplinäre Fachwissen gefördert werden.

Beispiel einer geeigneten belletristischen Textstelle: *Der Marsianer*

In diesem literarischen Werk befindet sich der Protagonist und Astronaut Mark Watney als Mitglied einer sechsköpfigen Crew auf dem Mars. Nach einem Sandsturm muss jedoch die Ares III Mission frühzeitig abgebrochen werden. Der totgeglaubte Mark Watney wird von seinen Crewmitgliedern auf dem Mars zurückgelassen und kämpft nun dort um das Überleben. Der ausgewählte Textausschnitt zeigt, wie Mark Watney aufgrund seiner ausgeprägten Problemlösekompetenz prekäre und lebensbedrohliche Situationen meistert. Mit Hilfe seines umfangreichen Wissens aus den Bereichen Chemie, Physik, Biologie und Ingenieurswissenschaften schafft er es, Problemsituationen (frühzeitig) zu erkennen, diese zu analysieren und Maßnahmen zu treffen, mit Hilfe derer er sein Überleben auf dem Mars sichert (vgl. Weir, 2014).

„Die Solarzellen waren mit Sand bedeckt und nutzlos. Sie brauchen Sonnenlicht, um Strom zu erzeugen. Seit ich sie freigelegt habe, arbeiten sie wieder mit voller Leistung. Was ich auch tun will, an Strom wird es mir nicht mangeln. Zweihundert Quadratmeter Solarzellen und Wasserstoff-Brennstoffzellen, um die Energie zu speichern. Ich muss nur alle paar Tage die Solarzellen abwischen. Da die Wohnkuppel stabil gebaut ist, sieht es drinnen sehr gut aus. Ich habe das volle Diagnoseprogramm des Oxygenators ablaufen lassen. Zweimal. Er ist in perfektem Zustand. Wenn damit etwas passiert, gibt es noch ein Ersatzgerät mit kürzerer Laufzeit, das jedoch nur als Behelf dient, während das Hauptgerät repariert wird. Das Reservegerät zerlegt nicht das CO_2 und setzt den Sauerstoff wieder frei, sondern absorbiert lediglich CO_2, wie es auch die Raumanzüge tun. Es soll fünf Tage arbeiten, ehe die Filter gesättigt sind. Für mich wären das dreißig Tage, weil nur ein Mensch anstelle von sechs Crewmitgliedern atmet. Also habe ich einen gewissen Spielraum. Auch der Wasseraufbereiter funktioniert einwandfrei. Dafür gibt es leider kein Ersatzgerät. Wenn er versagt, muss ich Wasser aus der Reserve entnehmen, während ich eine primitive Destille baue, um meine Pisse zu kochen. Außerdem verliere ich pro Tag einen halben Liter Wasser durch die Atmung, bis die Luftfeuchtigkeit in der Wohnkuppel den maximalen Wert erreicht und das Wasser an allen Oberflächen kondensiert. Dann kann ich die Wände abschlecken. Lecker. Wie auch immer, vorläufig macht der Wasseraufbereiter keinen Ärger. Also gut – Essen, Wasser und Quartier sind abgehakt. Ich beginne sofort, das Essen zu rationieren. Die Mahlzeiten sind sowieso schon auf ein Minimum beschränkt, aber ich kann pro Mahlzeit nur drei Viertel einer Ration essen und trotzdem gesund bleiben. Damit strecke ich die dreihundert auf vierhundert Tage.“ (Weir, 2014)

Aufgabenstellungen zur Textstelle *Der Marsianer*

- Woraus setzt sich das Gasgemisch unserer Erdatmosphäre zusammen? Reihe die Hauptbestandteile nach sinkendem Vorkommen!
- Recherchiere mit Hilfe des Internets: Stelle die Zusammensetzung der Marsatmosphäre und der Erdatmosphäre als Kreisdiagramm dar. Vergleiche anschließend deren Zusammensetzungen.
- Überlege, warum die Marsatmosphäre dünner ist, als die der Erde!
- Welche der im Text erwähnten Apparaturen gibt es wirklich? Welche Materialien/ Ressourcen benötigt Mark Watney laufend zum Betreiben der Apparaturen und wie könnte er diese Materialien/ Ressourcen beschaffen?
- Wird im Text eine Form erneuerbarer oder fossiler Energie erwähnt? Erläutere den Unterschied zwischen den beiden Formen. Reflektiere: Welche Formen der Energieträger könnten deiner Meinung nach in unserer Zukunft relevant sein?
- Was meint Mark Watney mit der Bezeichnung *Destille*? Erläutere detailliert, wie die Gewinnung von Wasser aus Urin mit Hilfe dieser Apparatur funktioniert. Fertige dazu eine Skizze der Apparatur an!

Die vom Ministerium eingeführte Neue Reifeprüfung setzt verstärkt auf kompetenzorientierte Aufgaben, weshalb die ausgewählte Textstelle besonders geeignet für den Wissenserwerb, sowie für die Vorbereitung zur Reifeprüfung ist. Mit der Literaturstelle lassen sich beispielsweise folgende Themengebiete abdecken (vgl. Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2012):

- Astronomie, Astrophysik und Kosmos
- Energie und Nachhaltige Energieversorgung
- Möglichkeiten und Grenzen der Physik
- Physik/Chemie als Beruf
- Physik/Chemie und Technik
- Wetter, Klima und Klimawandel
- Physikalische und chemische Trennverfahren
- Chemische Reaktionen und Verfahren

Durch den Einsatz ausgewählter Literaturstellen im Chemie- und Physikunterricht kann, neben der Förderung der Lesekompetenz und der Motivationsförderung zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten, auch der Abstraktionsgrad chemischer und physikalischer Themen reduziert und so für die Schülerinnen und Schüler leichter zugänglich gemacht werden (vgl. Dammaschke & Strahl, 2010). Des Weiteren können belletristische Textstellen analytische (Denk-)Prozesse stärken. Gleichzeitig darf aber nicht vergessen werden, dass Schülerinnen und Schüler (vor allem niederer Schulstufen) keine „fertigen“ Leserinnen und Leser sind. Durch gemeinsame und strukturierte Bearbeitung, welche durch die entsprechende Länge und Auswahl der Textstelle, sowie die Wahl der Aufgabenstellungen gegeben ist, wird die Fähigkeit reflektierten Lesens und des Leseprozesses per se gefördert (vgl. Haas, 2015).

Fazit und Ausblick

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die Wahl einer ansprechenden belletristischen Literaturstelle zum Gelingen eines motivierenden und interessanten Chemie- und Physikunterrichts wesentlich beitragen und durch entsprechende Kontextorientierung die (zufriedenstellende und möglicherweise auch nunmehr verstärkt intrinsisch motivierte) Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten, sowie die Lesekompetenz und kritische Auseinandersetzung mit neuen Themen gefördert werden kann Der Effekt von belletristischen Literaturstellen auf das Lernen wird im Rahmen weiterer empirischer Studien untersucht.

Literatur

Bundesministerium für Bildung und Frauen (2012). Die kompetenzorientierte mündliche Reifeprüfung in den Unterrichtsgegenständen Physik. Empfehlende Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben. Zugriff am 12.10.2019 unter https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?74wbmx

Dammaschke, T., Strahl, A. (2010). Physik in anderen Welten. Literatur, Film und Fernsehen für das Lernen von und über Physik nutzen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 21 (120).

Dawidowski, C. (2016). Literaturdidaktik Deutsch. Eine Einführung. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Haas, G. (2015). Handlungs- und produktorientierter Literaturunterricht. Theorie und Praxis eines "anderen" Literaturunterrichts für die Primar- und Sekundarstufe. Seelze: Klett/Kallmeyer.

Herbst, M., Fürtbauer, E.M., Strahl, A. (2016). Interessensforschung Physik – die Salzburg-Studie. PhyDid B.

Leubner, M., Saupe, A. (2009). Erzählungen in Literatur und Medien und ihre Didaktik. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Pospiech, G. (2005). Physik in Kinderbüchern. In CD Frühjahrstagung Didaktik der Physik DPG. Berlin.

Strahl, A., Herbst, M., Havlena, S.A. & Bierwirth, R. (2016). Die zwei Kulturen: Mit Literatur Physik vermitteln?! PhyDid B. Zugriff am 02.10.2019 unter http://www.phydid.de/index.php/phydid-b

Weir, A. (2014). Der Marsianer (eBook). München: Wilhelm Heyne Verlag.

Tina Grottke Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Repräsentationswechsel zwischen molekularen Darstellungsformen

Ausgangslage

Für das Verständnis und die Kommunikation chemischer Inhalte sind die Verwendung einer Vielzahl externer Repräsentationen der molekularen Ebene bedeutend, da chemische Vorgänge nicht durch direkte Beobachtung zugänglich sind und jede Darstellungsart spezifische Aspekte und somit einen limitierenden Bereich des Referenzobjektes abbildet (Justi & Gilbert, 2002; Kozma & Russell, 2005; Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015; Wu & Shah, 2004). Dasselbe Molekül kann folglich durch unterschiedliche Moleküldarstellungen repräsentiert werden, damit chemische Phänomene mittels verschiedener Blickwinkel betrachtet und erfasst sowie entsprechende Zugänge für Lernende gewährleistet werden können. Das betont die Notwendigkeit, die verschiedenen Repräsentationsarten der molekularen Ebene in Beziehung setzen und ineinander überführen zu können. Die dahinterstehende Fähigkeit wird unter dem Begriff *Translationsfähigkeit* gefasst und stellt einen wesentlichen Bestandteil der Repräsentationskompetenz dar, die für ein tiefergehendes Chemieverständnis essentiell ist (Kozma & Russell, 1997, 2005). Lernende zeigen jedoch Schwierigkeiten beim Umgang mit verschiedenen externen Repräsentationen des gleichen Zielbereiches (Ainsworth, 2006; Taskin & Bernholt, 2014; Wu & Shah, 2004). Aus diesem Grund widmet sich dieses Promotionsprojekt der Untersuchung der Translationsfähigkeit bei Lernenden.

Theoretischer Hintergrund

Repräsentationen der molekularen Ebene lassen sich aufgrund ihrer strukturellen Merkmale gruppieren. Dabei wurden im Rahmen dieses Projektes drei Kategorien identifiziert: Symbolisch, Hybrid und Ikonisch (Abb. 1). Ausgangslage bildet dabei die nach Schnotz (2001, 2002, 2014) vorgenommene Einteilung externer Repräsentationen in *descriptions* und *depictions*. Dabei bestehen *descriptions* aus Symbolen, besitzen eine arbiträre Struktur und sind durch Konventionen mit dem Referenzobjekt verbunden (Schnotz, 2002). *Depictions* hingegen weisen strukturelle Ähnlichkeiten zum Referenzobjekt auf und beinhalten ikonische Zeichen (Schnotz, 2002). Bezugnehmend zu chemischen Moleküldarstellungen bestehen symbolische Darstellungen aus Zeichen und Zahlen. Sie umfassen Summen- und Halbstrukturformeln, welche keine räumlichen Informationen enthalten und strukturelle Informationen nur in Ansätzen aufweisen (Gilbert, 2005, 2008; Talanquer, 2011). Bei ikonischen Repräsentationen dominieren geometrische Formen und eine 3-Dimensionalität, sodass die räumliche Struktur einer chemischen Verbindung direkt erkennbar ist (Talanquer, 2011). Dennoch existieren weitere Moleküldarstellungen, die weder den symbolischen noch den ikonischen Repräsentationen zugeordnet werden können (Talanquer, 2011). Somit bedarf es einer weiteren Kategorie - der Mischform (Hybrid). Repräsentationen dieser Kategorie beinhalten symbolische als auch ikonische Merkmale. In den 2-dimensionalen Darstellungen können strukturelle Informationen direkt entnommen werden. Dies wird bei Betrachtung von funktionellen Gruppen organischer Verbindungen deutlich: das Kohlenstoffgerüst ist im Vergleich zu symbolischen Darstellungen direkt erkennbar. Räumliche Informationen sind nicht oder nur indirekt entnehmbar, sodass es einer entsprechenden Interpretation der Darstellung und mentalen Verarbeitung bedarf, wie dies bei Keilstrichformeln deutlich wird. Abbildung 1 zeigt die in dieser Arbeit zugrunde gelegte Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen.

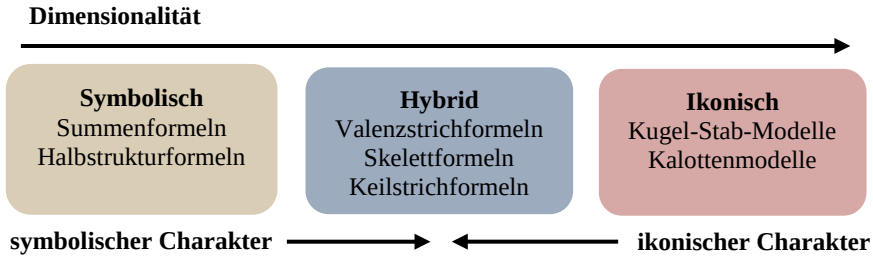


Abb. 1: Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen

Auf Basis der Klassifikation resultieren entsprechende Übersetzungswege zwischen einzelnen Moleküldarstellungen, welche die Grundlage dieser Studie bilden. Damit ein erfolgreicher Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationen stattfinden kann, muss die gegebene Darstellung entsprechend verarbeitet werden, die Beziehung zur Zieldarstellung und deren Konventionen präsent sein und in diese schlussendlich transformiert werden. Jedoch existieren kaum systematische und detaillierte Befunde zu möglichen Zusammenhängen der Fähigkeit eines erfolgreichen Repräsentationswechsels und personenspezifischer Variablen. Dies scheint allerdings ein entscheidendes Puzzleteil, um ein elaborierteres Verständnis der zugrundeliegenden kognitiven Prozesse der Lernenden zu erhalten und somit mögliche schwierigkeitsbestimmende Faktoren beim Erlernen von chemischen Inhalten zu identifizieren. Bereits bestehende Untersuchungen zu Korrelationen sind häufig durch kleine Stichprobengrößen und der betrachteten Übersetzungswege limitiert. So stellten Keig und Rubba (1993) in ihrer Studie einen Zusammenhang zum domänenspezifischen Wissen zu den entsprechenden Repräsentationen sowie zur *reasoning ability* fest, konnten jedoch keinen Zusammenhang zum räumlichen Vorstellungsvermögen finden. Die Autoren betonen, dass ein Zusammenhang durchaus vorhanden sein könnte, dieser jedoch durch das Untersuchungsdesign nicht erkannt werden konnte. Gerade das räumliche Vorstellungsvermögen lässt einen positiven Zusammenhang zur Translationsfähigkeit vermuten, da unter anderem Wu & Shah (2004) die Bedeutung von *spatial ability* für das Verständnis und Erlernen chemischer Inhalte betonen. Um tiefergehende Erkenntnisse zur Translationsfähigkeit zu erhalten, ist die Betrachtung weiterer Kovariablen aus dem kognitiven, affektiven und schulisch-soziodemographischen Bereich zu empfehlen.

Forschungsfragen

Ziel des Promotionsprojektes ist die Analyse der Übersetzungsleistung bei verschiedenen Moleküldarstellungen von Lernenden (Translationsfähigkeit) und dessen Zusammenhang mit explorativ ausgewählten personenspezifischen Variablen. Daher wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

FF1: Inwiefern lassen sich die angenommenen Übersetzungswege basierend auf strukturellen Merkmalen der Repräsentationsarten im chemischen Kontext empirisch wiederfinden und differenzieren?

FF2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Translationsfähigkeit im chemischen Kontext und ausgewählten personenbezogenen Kovariablen?

Studiendesign

Im Rahmen einer quantitativ-deskriptiven Querschnittstudie werden die Forschungsfragen bearbeitet, um einen globalen Blick auf das Thema zu gewährleisten. Die Zielgruppe für die

Analyse dessen, bilden Schülerinnen und Schüler der 10. und 11. Jahrgangsstufe. Für das Erhebungsvorgehen wird eine Untersuchungsmatrix aufgespannt (Tab. 1), welche basierend auf der Klassifikation chemischer Moleküldarstellungen (Abb. 1) durch die entstehenden Zellen die einzelnen Übersetzungswege darstellt.

Tab. 1: Untersuchungsmatrix

		Zielrepräsentation		
		Symbolisch (S)	Hybrid (H)	Ikonisch (I)
Ausgangs-repräsen-tation	Symbolisch (S)	S-S	S-H	S-I
	Hybrid (H)	H-S	H-H	H-I
	Ikonisch (I)	I-S	I-H	I-I

Das für die Erhebung der Translationsfähigkeit von Lernenden bei chemischen Moleküldarstellungen einzusetzende Testinstrument stellt einen Multiple-Choice Test dar, welcher durch technologiebasiertes Verfahren eingesetzt wird. Jeder Übersetzungsweg der identifizierten Kategorien (Symbolisch, Hybrid und Ikonisch) und folglich jede der neun Zellen in der Untersuchungsmatrix (Tab. 1) wird durch je zehn Items repräsentiert. Die Items beinhalten die Aufforderung, eine gegebene chemische Verbindung in eine andere Repräsentationsart zu übersetzen. Dabei sind notwendige Fachinformationen gegeben, um die Fachwissensunabhängigkeit zu gewährleisten. Die in den Items verwendeten Moleküldarstellungen sind im Rahmen einer Schulbuchanalyse identifiziert worden, welche die Analyse der Verwendung chemischer Repräsentationen der molekularen Ebene zum Ziel hatte. Die Testentwicklung orientiert sich unter anderem an dem Vorgehen nach Terzer, Hartig und Upmeier zu Belzen (2013) sowie Jonkisz, Moosbrugger und Brandt (2012). Demnach erfolgen im Rahmen von Vorstudien eine qualitative (N = 10) und quantitative Itemanalyse (N = 200), um entsprechende Itemerprobungen zu gewährleisten und Itemüberarbeitungen einzuleiten. Die Items werden mittels eines Multi-Matrix-Designs auf Testhefte aufgeteilt, da die Bearbeitung aller Items durch einen Probanden aus testökonomischen Gründen nicht möglich ist.

Die Performanz der Probanden in den erstellten Items ermöglicht die Erfassung des latenten Konstruktes der Translationsfähigkeit. Dies bildet die Grundlage für die Bearbeitung der ersten Forschungsfrage mittels Analysen mit dem Rasch-Modell. Dazu wird eine Stichprobengröße von 700 Probanden antizipiert (Bond & Fox, 2015).

Für die Bearbeitung der zweiten Forschungsfrage werden zusätzlich personenspezifische Kovariablen, wie das räumliche Vorstellungsvermögen mittels standardisierter Testinstrumente erhoben.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction, 16*(3), 183-198. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Bond, T. G., & Fox, C. M. (2015). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human sciences* (3. ed.). New York: Routledge.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer.

Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3-24). Dordrecht: Springer Netherlands.

Jonkisz, E., Moosbrugger, H., & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Eds.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (pp. 27-74). Berlin: Springer.

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 47-68). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of Representations of the Structure of Matter and its Relationship to Reasoning, Gender, Spatial Reasoning, and Specific Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(8), 883-903. doi:10.1002/tea.3660300807

Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(9), 949-968. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer.

Peirce, C. S. S. (1906). Prolegomena to an apology for pragmaticism. *The Monist, 16*(4), 492-546. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/27899680

Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft, 29*(4), 292-318.

Schnotz, W. (2002). Commentary: Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays. *Educational Psychology Review, 14*(1), 101-120. doi:10.1023/A:1013136727916

Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. ed., pp. 72-103). Cambridge: Cambridge University Press.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education, 33*(2), 179-195. doi:10.1080/09500690903386435

Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education, 36*(1), 157-185. doi:10.1080/09500693.2012.744492

Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice, 16*(3), 460-477. doi:10.1039/C4RP00214H

Terzer, E., Hartig, J., & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19*(1), 51-76.

Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education, 88*(3), 465-492. doi:10.1002/sce.10126

Thomas Wilhelm Universität Frankfurt
Renan Marcello Vairo Nunes

Vergleichende Schulbuchanalyse zur Einführung in die E-Lehre

Untersuchungsgegenstand

Auch wenn sich die Rolle von Schulbüchern im Angesicht neuer Medien langsam ändert, spielen Schulbücher noch immer eine große Rolle – vor allem in der Unterrichtsvorbereitung von Lehrkräften (Merzyn, 1994). Deshalb sollten im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (Vairo Nunes, 2019) Schulbuchkapitel zur Einführung in die Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I untersucht werden. An physikalischen Inhalten betrifft dies die Grundgrößen wie elektrisches Potenzial, elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, elektrischer Widerstand, Leiter und Nichtleiter, elektrische Ladung, elektrische Leistung, elektrische Energie, elektrische Arbeit sowie das Ohm'sche Gesetz und die Reihen- und Parallelschaltung.
Ausgewählt wurden vier Schulbücher von Schulbuchverlagen, die in Hessen verbreitet sind. Das sind der „Dorn-Bader" aus dem Schroedel-Verlag (Oberholz, 2012), der „Duden Physik" aus dem Duden-Paetec-Verlag (Gau et al., 2014), die „Impulse Physik" aus dem Klett-Verlag (Bredthauer et al., 2013) sowie das „Universum Physik" aus dem Cornelsen-Verlag (Alboteanu-Schirner et al., 2017). Als fünftes Buch wurde das Schulbuch von Burde (2018a) aus der EPo-EKo-Studie (Wilhelm et al., 2018) hinzugenommen, das dort im „EPo-Strang" (Burde et al., 2019) eingesetzt wurde. Hier wird die Elektrizitätslehre konsequent mit dem Elektronengasmodell (Burde, 2018b) behandelt, aber aus Forschungsgründen weitgehend auf Kontexte verzichtet. Dieses Buch ist im Jahr 2018 unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-SA 3.0 erschienen und als pdf frei zugänglich (unter www.einfache-elehre.de).

Kriterienkatalog

Es wurden bisher bereits verschiedene Analysekriterien für Schulbuchanalysen festgelegt (Scheller, 2010; Fuchs et al., 2014). Bekannte Kriterienkataloge sind das Reutlinger Raster, das Salzburger Raster oder das Schweizer levanto Tool.
Für die hier vorgestellte Arbeit wurden zunächst vier Bereiche ausgewählt, die untersucht werden sollten: 1.) Didaktische Merkmale und Sachstruktur, 2.) Texte und Sprache, 3.) Bilder und 4.) Aufgaben. Für jede dieser vier Kategorie wurden neun Analysekriterien als Frage formuliert (z.B. „Wie intensiv wird auf Anwendungen in Natur und Technik eingegangen?"), die bei der Analyse beantwortet wurden. Manche dieser Fragen konnten numerisch bewertet oder bejaht bzw. verneint werden. Andere Fragen erforderten elaborierte Antworten oder quantitative Analysen. Eine Vorstellung und Diskussion des Kriterienkatalogs findet sich in (Vairo Nunes, 2019). Im Folgenden werden nur einige wesentlichen Ergebnisse der Analyse vorgestellt.

Sachstrukturen

Das elektrische Potenzial wird in den untersuchten Büchern der Schulbuchverlage nicht behandelt, während dies in „EPo" sehr zentral ist. In den anderen vier Büchern fungiert der Strom als zentrales Element des Stromkreises. Die Spannung wird dabei auf ein Merkmal des Stromes (wie bei „Duden") oder ein Kennzeichen von elektrischen Quellen oder Geräten („Dorn-Bader", „Impulse" und „Universum") reduziert. Später wird z.T. Spannung auch als Maß für gespeicherte Energie definiert („Universum"). Die Reihenfolge der Themen ist sehr unterschiedlich (siehe Tab. 1). Abgesehen von „EPo" dominiert aber der Strom die Ausführungen. An Analogien wird vor allem der ebene geschlossene Wasserkreislauf verwendet, was man kritisch sehen kann (Burde & Wilhelm, 2016); im „Universum" kommt zusätzlich auch ein

Wasserhöhenmodell mit einer Doppelwassersäule vor. „EPo“ verwendet dagegen neben dem Fahrradkettenmodell vor allem das Elektronengasmodell (Burde et al., 2014).

Dorn-Bader	**Duden Physik**	**Impulse Physik**	**Universum**	**EPo-Buch**
Parallelschaltung	Leiter	Leiter	Leiter	El. Potenzial
Reihenschaltung	Nichtleiter	Nichtleiter	Nichtleiter	El. Spannung
Leiter	El. Stromstärke	El. Ladung	Reihenschaltung	El. Stromstärke
Nichtleiter	El. Spannung	El. Stromstärke	Parallelschaltung	Leiter
El. Energie	Reihenschaltung	El. Energie	El. Ladung	Nichtleiter
El. Ladung	Parallelschaltung	Reihenschaltung	El. Spannung	El. Widerstand
El. Spannung	El. Widerstand	Parallelschaltung	El. Stromstärke	El. Leistung
El. Stromstärke	Ohms Gesetz	El. Spannung	El. Energie	Parallelschaltung
El. Widerstand	El. Energie	El. Widerstand	El. Widerstand	Reihenschaltung
Ohms Gesetz	El. Arbeit	Ohms Gesetz	Ohms Gesetz	Ohms Gesetz
El. Leistung	El. Leistung	El. Leistung	El. Leistung	El. Energie
El. Arbeit	El. Ladung	El. Arbeit	El. Arbeit	El. Arbeit
El. Potenzial	El. Potenzial	El. Potenzial	El. Potenzial	El. Ladung

Tab. 1: Ausgewählte Themen, in der zeitlichen Reihenfolge (von oben nach unten) wie sie in den Büchern erscheinen. Stark gefärbte Zellen zeigen die elektrische Spannung (gelb) bzw. die elektrische Stromstärke (grün). Begriffe in den orangefarben Zellen werden nur marginal oder gar nicht behandelt.

Umgang mit Schülervorstellungen

Schülervorstellungen werden am intensivsten bei „EPo“ berücksichtigt und besprochen, wobei auch problematische Begriffe wie „Stromquelle“ hinterfragt werden. Auch „Impulse“ und „Universum“ gehen auf wichtige Vorstellungen und problematische Begriffe ein. „Dorn-Bader“ geht wiederholt auf die Schülervorstellung des Energie- bzw. Stromverbrauchs ein, andere Vorstellungen bleiben unerwähnt; zudem werden teilweise Fehlbegriffe benutzt, die in der Literatur längst als problematisch gelten. Im „Duden“ spielen dagegen Schülervorstellungen kaum eine Rolle.

Gefahren des Stroms und technische Anwendungen

Sicherheitsbezogene Aspekte gehören – mit Ausnahme des „EPo“-Buchs – zu den Kernthemen aller Schulbücher, wobei diese am häufigsten im „Universum“ behandelt werden. Die Bücher der Schulbuchverlage bemühen sich außerdem, möglichst viele Anwendungen aus der Natur und Technik zu behandeln, was in „Duden“ und „Impulse“ am besten gelingt. Die Kontexte strukturieren und leiten aber nicht die Behandlung. Im „EPo“ gibt es dagegen absichtlich deutlich weniger Anwendungen, da in dieser Studie u.a. ein Vergleich eines Unterrichts mit wenig Kontexten mit einem Unterricht mit einer starken Kontextstrukturierung stattfinden soll (Dopatka et al., 2019).

Qualitative Analyse der Texte

Alle Bücher haben Einstiegstexte, gestalten den Einstieg in ein Kapitel jedoch sehr unterschiedlich. Alle Einstiegstexte können durch ihre thematische Orientierung und ästhetische Gestaltung als schülermotivierend angesehen werden. Sowohl in den Einstiegstexten als auch in anderen Texten ist in jedem Buch eine gewisse Vorsicht mit neuen Begriffen erkennbar. Dabei ist der Umgang mit neuen Begriffen besonders bei „EPo“ als schülergerecht zu bezeichnen.

Quantitative Analyse der Texte

Die Lesbarkeit der Texte wurde mit der „Wiener Sachtextformel“ untersucht (Bamberger, 2000). Die vierte Gleichung, die die Satzlänge und die Anzahl der Mehrsilber berücksichtigt,

wird oft verwendet, was aber auch kritisch gesehen wird (Schmitz, 2016). Nach der Wiener Sachtextformel sind die untersuchten Textabschnitte bei „Duden“ am schwierigsten (Schwierigkeitsgrad 12,3) und die Texte bei „Dorn-Bader“ am einfachsten (Schwierigkeitsgrad 8,0), während „Universum“ (8,4), „Impulse“ (10,8) und „EPo“ (9,1) dazwischenliegen. Die Werte relativieren sich etwas, wenn man bedenkt, dass manche Fachbegriffe als Mehrsilber häufig auftreten und somit vertraut sind oder zusätzlich Formeln das Lesen erschweren. Dennoch kann der Schwierigkeitsgrad der Texte für die Sekundarstufe I als leicht anspruchsvoll bis sehr anspruchsvoll bezeichnet werden.

Quantitative Analyse der Bilder

Die absolute Anzahl von Bildern variiert in den Büchern sehr stark, die durchschnittliche Anzahl der Bilder pro Seite allerdings nur wenig (siehe Tab. 2). Verschiedene Bücher bevorzugen verschiedene Arten von Bildern. „Dorn-Bader“ und „Duden“ beinhalten vor allem Fotos, „Impulse“ und „Universum“ hauptsächlich Zeichnungen und „EPo“ vor allem Schaltbilder.

	Dorn-Bader	**Duden**	**Impulse**	**Universum**	**EPo**
Anzahl Bilder	327	173	120	212	144
Bilder pro Seite	3,9	3,2	3,4	3,3	3,3
Flächenanteil der Bilder	23 %	15 %	17 %	18 %	20 %

Tab. 2: Bilder in den Schulbüchern

Qualitative Analyse der Bilder

Die Qualität der Bilder variiert, wobei „EPo“ und „Universum“ die beste Bildqualität haben und auch bezüglich eines cognitive overload am besten abschneiden. Das „Dorn-Bader“-Buch kann hingegen als überbebildert angesehen werden, was zu Störungen des Leseprozesses führen kann. Inhaltlich sind vor allem die Bilder bei „Dorn-Bader“ und „Universum“ schülerorientiert und alltagsnah. Im „Duden“ Buch sind manche der verwendeten Bilder wenig sinnvoll, da sie veraltete und alltagsfremde Beispiele der Technik abbilden.

Quantitative Analyse der Aufgaben

Die absolute Anzahl von Aufgaben variiert in den Büchern sehr stark, die durchschnittliche Anzahl der Aufgaben pro Seite ebenso (siehe Tab. 3). Für die Analyse wurde eine pragmatische Kategorisierung benutzt, die u.a. versucht, die sich ergebenden Lernprodukte zu berücksichtigen (Eine ausführlichere Typologie findet man bei Kauertz et al. (2015) oder Scheller (2010)). Es handelt sich hierbei um die sechs Kategorien „Verständnisfrage“, „Skizzieren/Modellieren“, „Rechercheaufgabe“, „Rechenaufgabe“, „Experimentieraufgabe“ und „Projekt/Präsentation“. Rechercheaufgaben kommen selten vor (zwischen 3 % bei „EPo“ und 13 % bei „Dorn-Bader“) und Projekt-/Präsentationsaufgaben fast kaum (zwischen 0 % bei „EPo“ und „Universum“ und 13 % bei „Dorn-Bader“). Auch sonst gibt es große Unterschiede, z.B. bei Verständnisfragen (zwischen 36 % bei „Dorn-Bader“ und 51 % bei „EPo“) und bei Experimentieraufgaben (zwischen 0 % bei „EPo“ und 38 % bei „Dorn-Bader“).

	Dorn-Bader	**Duden**	**Impulse**	**Universum**	**EPo**
Anzahl Aufgaben	179	141	116	122	76
Aufgaben pro Seite	1,9	2,6	3,1	2,1	1,7
Wörter pro Aufgabe	28,9	28,7	27,9	24,2	32,1
Anteil Verständnisfragen	36 %	42 %	30 %	44 %	51 %
Anteil Skizzieren/Modellieren	14 %	6 %	15 %	16 %	25 %
Anteil Rechenaufgaben	15 %	27 %	7 %	17 %	21 %
Anteil Experimentieraufgaben	9 %	17 %	38 %	18 %	0 %

Tab. 3: Aufgaben in den Schulbüchern

Literatur

Alboteanu-Schirner, A. et al. (2017): Universum Physik. Ausgabe A: Band. 1. Schülerbuch. Berlin: Cornelsen

Bamberger, R. (2000). Erfolgreiche Leseerziehung in Theorie und Praxis: Mit besonderer Berücksichtigung des Projekts Leistungs- und Motivationssteigerung im Lesen und Lernen unter dem Motto Lese- und Lernolympiade. Wien: Schneider Hohengehren

Bredthauer, W. et al. (2013). Impulse Physik Sekundarstufe I. Schülerbuch. Stuttgart: Klett

Burde, J.-P. (2018a). Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial. Frankfurt am Main: Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität, https://www.einfache-elehre.de/downloads/E-Lehre_mit_Potenzial.pdf, ISBN 978-3-00-061201-5

Burde, J.-P. (2018b). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos. Online verfügbar unter https://doi.org/10.30819/4726

Burde, J.-P.; Wilhelm, T. (2016). Moment mal … (22): Hilft die Wasserkreislaufanalogie? In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 65, Nr. 1, S. 46 – 49 [Und in: WILHELM, T. (Hrsg.) (2018). Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen, Seelze: Aulis/Friedrich, S. 100 – 104]

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Dopatka, L.; Spatz, V. (2019). Re-Design des Frankfurter Unterrichtskonzepts im Rahmen von EPo-EKo – In: Physik und ihre Didaktik in Schule und Hochschule, www.phydid.de

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Wiesner, H. (2014). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Frankfurt, 2014, www.phydid.de

Dopatka, L.; Spatz, V.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Schubatzky, T. (2019). Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts EPo-EKo – In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, S. 217 - 220

Fuchs, E., Niehaus, I. & Stoletzki, A. (2014). Das Schulbuch in der Forschung. Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis. Göttingen: V & R unipress

Gau, B.; Meyer, L. & Schmidt, G.-D. (2014). Duden Physik. Gesamtband Sekundarstufe I. Berlin: Duden-Paetec

Kauertz, A.; Löffler, P. & Fischer, H. E. (2015). Physikaufgaben. In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik: Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 451 – 475

Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

Oberholz, H.-W. (Hrsg.) (2012). Dorn / Bader Physik Gymnasium - Hessen. Braunschweig: Schroedel.

Scheller, P. (2010). Verständlichkeit im Physikschulbuch. Kriterien und Ergebnisse einer interdisziplinären Analyse. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt

Schmitz, A. (2016). Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Wiesbaden: Springer

Vairo Nunes (2019). Vergleichende Schulbuchanalyse zum Thema „Einfache Stromkreise“, Staatsexamensarbeit, Universität Frankfurt, http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/ELehrebuecher.htm

Wilhelm, T.; Burde, J.-P.; Spatz, V.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt. In: Maurer, Chr. (Hrsg.). Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, S. 772 – 775

Maria Schwarz Universität Wien
Martin Hopf

Sachstrukturen von Wärmelehre-Lehrgängen in Physikschulbüchern

Motivation und Zielsetzung des Projektes

Kontextorientierung im Physikunterricht hat sich als gute Basis erwiesen, um das Interesse der Schülerinnen und Schüler zu fördern (Nawrath 2010, Duit & Mikelskis-Seifert 2007). Für die Lernwirksamkeit lassen sich bisher aber keine eindeutigen Schlüsse ziehen (Löffler, Pozas & Kauertz 2018, Watzka & Girwidz 2015). Ein wichtiger Beitrag in der Etablierung von Kontexten im Physikunterricht sind die Rahmenkontexte von Muckenfuß (1995). Basierend auf diesen wird im Rahmen eines Dissertationsprojektes der Wärmelehre-Unterricht der Sek. 1 in Österreich in den von Muckenfuß vorgeschlagenen Rahmenkontext „Wetter und Klima“ eingebettet werden. Aufgrund des stattfindenden Klimawandel-Diskurs erhält der gewählte Rahmenkontext einen aktuellen Bezug und findet vermehrt im Schulunterricht Einzug. Die Lernwirksamkeit sowie die Entwicklung von Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler bei Einsatz des adaptierten Lehrgangs soll untersucht werden. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse und eine Einschätzung hinsichtlich des „sinnstiftenden“ Einsatzes dieses kontextorientierten Lehrganges ziehen.

Forschungsdesign des Dissertationsprojektes

Das angestrebte Dissertationsprojekt folgt dem Ansatz einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung. In einem ersten Schritt werden die Sachstrukturen der Wärmelehre-Lehrgänge weit verbreiteter österreichischer Schulbücher der Sek. 1 sowie jene der kontextorientierten Lehrgänge von Muckenfuß (und anderen) analysiert und gegenübergestellt. Da Schulbücher die Struktur und die Planung des Physikunterrichts maßgeblich beeinflussen (Merzyn 1994, Härtig 2010), kann eine mögliche Sachstruktur des stattfindenden Unterrichts konstruiert werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die repräsentierten Lehrgänge somit auch die Sachstruktur des Unterrichts beeinflussen. Eine weitreichende Analyse der Tiefenstruktur nimmt die Erklärungsstränge und Grundideen der Lehrgänge in den Fokus. Darauf aufbauend wird die Adaptierung des Rahmenkontextes entwickelt. Die dabei entstehenden Materialien und Erklärungssträngen werden anschließend mithilfe qualitativer Methoden auf ihren möglichen Einsatz hin überprüft und analysiert. Für die Evaluation ist eine quantitative Erhebung geplant. Im vorliegenden Beitrag wird nur auf die Konstruktion von Sachstrukturen eingegangen. Als Forschungsfragen wurde hierfür gewählt:

Fragestellungen – Makroebene

F1. Inwiefern unterscheidet sich die in den Concept Maps repräsentierte Sachstruktur der ausgewählten Lehrgänge?
F2. Welchen Inhalten wird in den jeweiligen Lehrgängen besondere Bedeutung beigemessen?

Methodischer Rahmen der Schulbuchanalyse

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Concept Mapping in der fachdidaktischen Forschung etabliert. Neben dem Einsatz als Analyse- und Diagnoseinstrument von Lernprozessen und Schülervorstellungen (Fischler und Peuckert 2000), findet diese und ähnliche Vorgehensweisen auch in der Analyse von Sachstrukturen von Lehrtexten und Lehrbüchern Anwendung (Härtig 2010, Roseman et al. 2010), gleichwohl die Bestimmung der Validität und Reliabilität des Concept Mapping noch weiterentwickelt werden muss (Plotz, 2017).

Design der Schulbuchanalyse

Angelehnt an die Vorgehensweise von Härtig (2010) wird zunächst mithilfe von Concept Maps die Sachstruktur auf der Makroebene dargestellt und diese anschließend auf ausgewählte Strukturmaße (Bonato 1990, Friege & Lind 2000, Härtig 2010) sowie die übereinstimmende bzw. differierende Auswahl an Fachinhalten untersucht.
Dazu wurde jedes Schulbuch im ersten Analyseschritt mithilfe eines Kodierleitfadens je Doppelseite hinsichtlich der darin enthaltenen zentralen Fachinhalte (Fachbegriffe/ Fachphrasen) betrachtet und diese anschließend in ein vorgefertigtes Raster eingetragen, sodass deren Abfolge im Fließtext erkennbar bleibt. Aus diesem Raster wurde eine Concept Map mit den kodierten zentralen Fachinhalten als Konzepte angefertigt. Als Beschriftung der Pfeile wurden die Nummerierungen der Doppelseite aus dem Raster gewählt, wodurch in den Verbindungen die chronologische Abfolge (ähnlich zu Sumfleth & Tiemann, 2000) im Schulbuch repräsentiert ist (Abb. 1). Aufgrund der unterschiedlichen Lehrpläne zwischen Österreich und Deutschland wurden für die österreichischen Schulbücher all jene Jahrgangsbände herangezogen, die Inhalte aus den Lehrgängen von Muckenfuß abbilden, und die entsprechenden Doppelseiten kodiert und sowohl in der Nummerierung als auch Farbe der Verbindungen differenziert dargestellt. Diese Unterscheidung zeigt Abb. 1 exemplarisch in einem Ausschnitt einer entstandenen Concept Map.

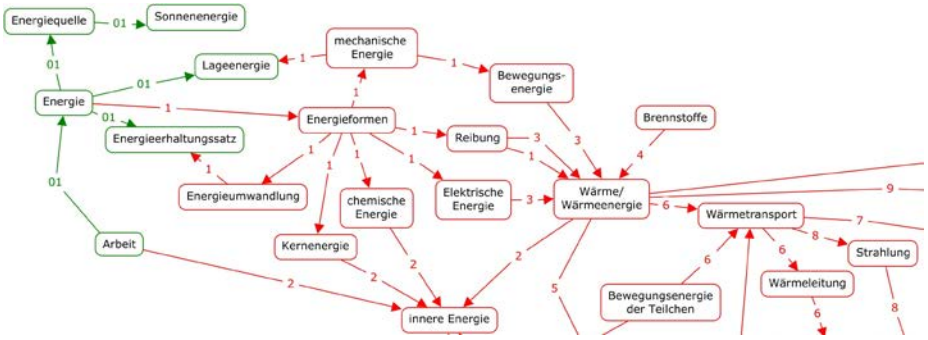


Abb. 1 Ausschnitt aus der Concept Map mit den zentralen Fachinhalten des Schulbuches Expedition Physik (Band 2 in grün und Band 3 in rot); erstellt mit CmapTools[1]

Erste Ergebnisse und Interpretationen der Schulbuchanalyse

Für die Analyse der Schulbuchseiten und das Eintragen in das Raster konnte eine zufriedenstellende Interrater-Reliabilität von $\kappa = 0.75$ erreicht werden. In den verglichenen Concept Maps wurden 87,7% der Konzepte bezüglich der Reihenfolge ident verknüpft.

In Tab. 1 wird die Auswertung der Concept Maps hinsichtlich der repräsentativen ausgewählten Strukturmaße angeführt. Daraus und aufgrund von ergänzenden Auswertungen lassen sich folgende zusammenfassende Aussagen tätigen:

Ad F1: Die Concept Maps sind ähnlich vernetzt, da die Komplexität[2] und der gemittelte Wert des „Grad des Konzepts“[3] bei allen Büchern in einem ähnlichen Bereich liegen (Tab.1).
Des Weiteren überwiegen die stark vernetzten Begriffe, da diese einen Anteil zwischen 25,5% (Expedition Physik) und sogar 40,3 % (Physik interaktiv) aller dargestellten Begriffe einnehmen. Der Anteil der einzeln verknüpften Begriffe liegt in allen Fällen unter jenen der

[1] https://cmap.ihmc.us/
[2] Verhältnis zwischen „Anzahl der Konzepte“ und „Anzahl der Verbindungen“
[3] Hierfür werden alle ein- und ausgehenden Verbindungen auf die Anzahl die der Konzepte bezogen.

stark vernetzten Begriffe, was wiederum eine starke Vernetzung als Interpretation unterstützt (Tab. 1).

Ad F2: Die fünf häufigsten Begriffskonzepte je Concept Map sind in Tab 1. abzulesen (grau hinterlegt). Erwartungsgemäß nimmt der Begriff *Wärme* (österreichische Schulbücher) bzw. *Thermische Energie* eine zentrale Rolle ein. Generell verwenden die Schulbuchautoren sehr unterschiedliche Fachbegriffe, wodurch eine unterschiedliche Gewichtung der zentralen Fachinhalte deutlich wird. In den Concept Maps stimmen nur 7 Konzepte in allen fünf untersuchten Schulbüchern wörtlich überein, wobei sich die Auswahl der Begriffe mit zentraler Bedeutung in den österreichischen Schulbüchern deutlicherdeckt: 47,5% (Physik heute) - 52,73% (Expedition Physik) der identifizierten zentralen Fachinhalte werden in allen drei österreichischen Schulbüchern repräsentiert. Aufgrund der unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen durch die unterschiedlichen Jahrgänge differieren die verwendeten Fachbegriffe in den beiden deutschen Schulbüchern in einem höheren Ausmaß als erwartet. Werden die Begriffe jedoch innerhalb der Concept Map qualitativ zu Clustern zusammengefasst, können 5 Großthemen in allen Schulbüchern identifiziert werden: *Energie, Energieumwandlungen, Teilchenebene, Zustände* und *Transportvorgänge*.

Strukturmaß	Physik interaktiv	Natur und Technik	Expedition Physik	Physik heute	Physik verstehen
Anzahl der Konzepte	67	70	55	61	57
Anzahl der Verbindungen	114	114	85	92	99
Komplexität	1,70	1,63	1,55	1,51	1,74
Max. Grad der Konzepte (Konzept)	15 (Thermische Energie)	11 (Temperatur)	11 (Aggregatzustandsänderung)	12 (Wärme)	14 (Wärme)
zweit- bis fünft-häufigstes Konzept	Energietransport, Teilchenbewegung, Temperatur, Energie	Luftdruck, Energieumwandlung, Thermische Energie, Gasdruck	Wärme, Temperatur, Energieformen, innere Energie	Zustandsformen, Teilchenbewegung, Energie, Temperatur	Teilchen, Aggregatzustände, Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme
Grad des Konzeptes (Mittelwert)	3,39	3,26	3,09	2,98	3,51
Anzahl zentraler Konzepte mit Grad ≥ 4	27 (40,3 %)	22 (31,4 %)	14 (25,5 %)	17 (27,9 %)	24 (42,1 %)
Anzahl der Konzepte mit Grad = 1	19 (28,4 %)	11 (15,7 %)	10 (18,2 %)	18 (29,5 %)	13 (22,8 %)

Tab.1: Für die Analyse ausgewählte Strukturmaße nach den Schulbüchern sortiert[4]

Ausblick

Aus der Erstanalyse der Concept Maps ergibt sich der Schluss, dass diese die Vernetzung gut abbilden, jedoch aussagekräftige Unterschiede in den Lehrgängen auf dieser groben Ebene noch nicht deutlich werden. Die nun folgende detaillierte Tiefenstrukturanalyse, die insbesondere die Erklärungsstränge in den Fokus nimmt, soll diese Lücke schließen und auch die gemeinsamen Erklärungsstränge und Grundideen in den kontextorientierten Lehrgängen sichtbar machen. Ein weiterer erwarteter Befund der vertiefenden Analyse ist die Identifikation von sinnvollen Anknüpfungspunkte und deutlichen Neuerungen im Vergleich zu den in Österreich bestehenden Lehrgängen, welche der zu entwickelnden Lehrgang mit dem Rahmenkontext „Wetter und Klima“ verwirklichen könnte.

[4] Die Prozent-Angaben in Tab. 1 beziehen sich immer auf die Gesamtanzahl der Konzepte je Concept Map.

Literatur

Bonato, M. (1990). Wissensstrukturierung mittels Struktur-Lege-Techniken. Eine graphentheoretische Analyse von Wissensnetzen. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang GmbH

Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierter Unterricht. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. In: Kontextorientiert Unterrichten. Unterricht Physik, 18 (98). 4-8

Fischler, H. & Peuckert, J. [Hrsg.] (2000). Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos

Friege, G. & Lind, G. (2000). Begriffsnetze und Expertise. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg,), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 147-178). Berlin: Logos

Härtig, H. (2010). Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests. Berlin: Logos

Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. In: International Journal of Science Education, 40 (16), 1935-1956

Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen Verlag

Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg: Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion

Plotz, T. (2017). Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe *2*. Berlin: Logos

Roseman, J., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. Journal of Research in Science Teaching. 47 (1), S. 47-70

Sumfleth, E. & Tiemann, R. (2000). Own Word Mapping – Ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg,), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 179-203). Berlin: Logos

Watzka, B. & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21, 187-206

Verwendete Schulbücher:

Aschauer, W., Haim, K. & Kloimböck, C. (2018). Expedition Physik 2 und Expedition Physik 3. Wien: Verlag E. DORNER GmbH

Fürnstahl, H. & Wolfbauer, M. (2014). Physik heute 2 und Physik heute 3. Linz: VERITAS-VERLAG

Heepman, B., Muckenfuß, H., Pollmann, M. & Schröder, W. (2012). Natur und Technik. Physik für Realschulen Klasse 9/10. Nordrhein-Westfalen. Berlin: Cornelsen Verlag

Mašin, C. & Grois, G. (2019). Physik verstehen 2 und Physik verstehen 3. Wien: öbv

Muckenfuß, H. und Nordmeier, V. [Hrsg.] (2009). Physik interaktiv. Natur und Technik – Ausgabe A. Berlin: Cornelsen Verlag

Peter Machart Universität Salzburg
Alexander Strahl

Radioaktivität in Schulbüchern
Darstellungen, Aufgaben, Experimente

Einleitung

Schulbücher dienen bis heute häufig als Quelle für Unterrichtsvorbereitungen, aber auch der Unterrichtsdurchführung (Merzyn, 1994; Härting et al., 2012; Girwidz, 2015). Deshalb wurde in einer Schulbuchanalyse erhoben, wie der Unterrichtsinhalt Radioaktivität in gängigen österreichischen Schulbüchern aufbereitet wird. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf das Angebot von Aufgaben (Kauertz, Löffler & Fischer, 2015) und Experimenten (Höttecke & Rieß, 2015) gelegt. Um einen Vergleich herstellen zu können, wurde dies auch für die Themen Optik/Licht und Kreisbewegung/Astronomie erhoben, die ebenfalls im Lehrplan der 4. Klasse Unterstufe enthalten sind (BGBl Nr. 88/1985, aktuelle Fassung). In der Oberstufe sind diese Themengebiete über mehrere Jahrgänge verteilt und in Richtung einer entsprechend stärkeren, fachlichen Vertiefung verschoben (bspw.: Optik → Quantenmechanik). Die Erhebung wurde daher in gleicher Art auch mit Schulbüchern der Oberstufe durchgeführt. Zudem wurden die in den Büchern enthaltenen Abbildungen und Texte zum Themengebiet Radioaktivität analysiert (Girwidz, 2015; Geise & Rössler, 2017). Einen Schwerpunkt bildete hierbei die Frage zu welchen Anteilen Informationen zu „natürlicher bzw. künstlicher Radioaktivität" enthalten sind und ob sich aus den Abbildungen bzw. Texten eine Tendenz in der Darstellung positiver oder negativer Auswirkungen „radioaktiver Strahlung" ableiten lässt. Dies erscheint vor allem in Hinblick auf vorhandene Schülervorstellungen zu „natürlicher & künstlicher / gefährlicher & nützlicher Strahlung" (Hopf & Schecker, 2018) relevant. Zur Erhebung der angebotenen Aufgaben und Experimente sowie Abbildungen und Texte wurde ein Codierungsschema[1] erstellt. Die Intracoder-Reliabilität beträgt 0,95, die Intercoder-Reliabilität: 0,88.

Analog der „Formeldichte" (vgl. Strahl et al., 2013) wurde im Anschluss die Dichte der unterschiedlichen Aufgabenarten und Experimente pro Schulbuchseite mit den folgenden Formeln berechnet:

$$Aufgabendichte = \frac{Anzahl\ der\ Aufgaben}{Seitenanzahl} \qquad Experimentdichte = \frac{Anzahl\ der\ Experimente}{Seitenanzahl}$$

Die Aufgabendichte und Experimentdichte wurde dabei für die unterschiedlichen Aufgabenarten (Wissen, Anwendung & Transfer, etc.) sowie für Schüler- und Lehrer-Experimente jeweils getrennt erhoben. Als Seitenanzahlen wurden die Seitenzahlen der jeweiligen Kapitel (Kernphysik, Optik, etc.) herangezogen. Für die Buchreihen der Oberstufe wurde die Dichte in den Kapiteln aller Klassenstufen berechnet und anschließend deren Mittelwert gebildet.
Für die Schulbuchanalyse wurden analog der österreichischen Lehrpläne für das Unterrichtsfach Physik (BGBl Nr. 88/1985, aktuelle Fassung) Bücher der 4. Klasse für die Unterstufe, sowie Oberstufenlehrbücher aller Jahrgangsstufen ausgewählt. Insgesamt wurde ein Drittel der approbierten österreichischen Schulbuchreihen (BMBWF & BKA, 2019) für die Unter- und Oberstufe zur Schulbuchanalyse herangezogen (Tab. 1). Dabei wurden jeweils jene fünf Schulbuchreihen analysiert, die laut Befragung von 228 österreichischen Lehrer_innen (vgl. Machart & Strahl, 2020) am häufigsten im Unterricht eingesetzt werden. Eine Ausnahme bildet in der Unterstufe die Schulbuchreihe Schwerelos, die aufgrund der Verfügbarkeit und persönlicher Präferenzen des Erstautors ausgewählt wurde (Tab. 1).

[1] www.strahl.info/_veroeffentlichungen/Mac2019Codierschema_Schulbuchanalyse_Radioaktivitaet.pdf

Unterstufe	Oberstufe
Physik verstehen / Kaufmann et al. (2014)	Big Bang / Apolin (2017-2019)
Physik / Gollenz et al. (2013)	Physik / Sexl et al. (2017-2019)
Physik heute / Fürnstahl et al. (2016)	Physik compact / Nussbaumer (2017-2019)
Mehrfach Physik / Fürböck & Putz (2015)	Faszination Physik / Putz (2018-2019)
Schwerelos / Lackner & Wukowich (2017)	Erlebnis Naturwissenschaften NAWI HLW Gschöpf & Prantl-Maresch (2016-2018)

Tab. 1: Für die Schulbuchanalyse gewählte Schulbuchreihen der Unter- bzw. Oberstufe.

Ergebnisse und Diskussion

In Bezug auf die Aufgabendichte in den Schulbüchern der Unterstufe fällt auf, dass Aufgaben aus der Taxonomiestufe Wissen mit einer Dichte von bis zu 2,4 Fragestellungen pro Kapitelseite deutlich überwiegen (in Abb. 1 am Kapitel Kernphysik dargestellt). In der Oberstufe nehmen Aufgabenstellungen aus dem Bereich Wissen zu Gunsten der anderen Taxonomiebereiche ab, stellen aber bei den meisten Kapiteln und Schulbüchern dennoch die größte Gruppe von Aufgabenarten dar (Abb. 2).

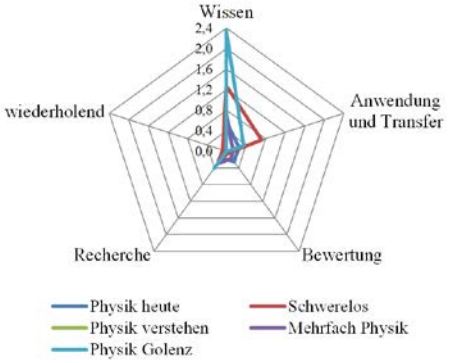


Abb. 1: Aufgabendichte (Unterstufe)

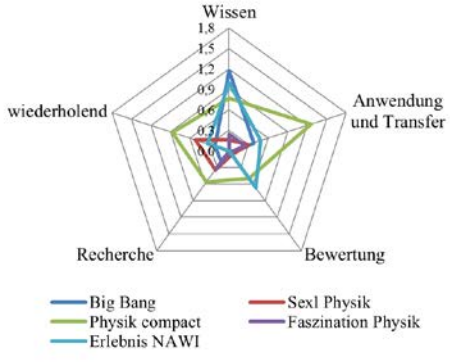


Abb. 2: Aufgabendichte (Oberstufe)

Im Vergleich zur Aufgabendichte darf die mittlere Dichte an Experimenten als eher gering angesehen werden (Tab. 2). Die mit Abstand geringste Schüler-Experimentdichte findet sich beim Kapitel Kernphysik in der Unter- (0,1) bzw. Oberstufe (0,05). Die Anzahl der Lehrerexperimente fällt im Vergleich noch geringer aus, wobei Lehrerexperimente überhaupt nur in den Kapiteln Radioaktivität und Optik/Licht vorhanden sind. Auffallend ist dabei, dass die mittlere Dichte der Lehrerexperimente in der Oberstufe beim Kapitel Licht (0,03) jene beim Kapitel Kernphysik (0,02) übersteigt.

	Mittelwert Experimentdichte			
	Unterstufe		**Oberstufe**	
	Schülerexp.	**Lehrerexp.**	**Schülerexp.**	**Lehrerexp.**
Kernphysik	0,10	0,02	0,05	0,02
Licht/Optik	1,18	0,01	0,35	0,03
Kreisbewegung	0,50	0	0,25	0

Tab. 2: Mittelwerte der Dichte von Schüler- und Lehrerexperimenten.

Dies könnte auf ein angenommenes Risiko bei Versuchen mit radioaktiven Materialien zurückgeführt werden, welches die Zahl an Versuchen einschränkt. Dass auch zahlreiche ungefährliche und im Unterricht ohne hohen Materialaufwand durchführbare Experimente zu Verfügung stehen würden (vgl. z. B.: Kuhn et al., 2018; Geipel, 2019), wird in den untersuchten aktuellen österreichischen Schulbüchern zu wenig abgebildet.

Schülervorstellungen werden praktisch nur in Büchern der Oberstufe sehr vereinzelnd und ausschließlich in textlicher Form thematisiert. Herausgehoben werden darf in diesem Zusammenhang die Schulbuchreihe „Big Bang“, in der zumindest auf die Schülervorstellung „Radioaktivität macht (keine) Superhelden“ und – wie in unterschiedlicher Intensität auch in den anderen Oberstufenbüchern – auf die Modellvorstellung des planetensystemartigen Atombaus eingegangen wird. Unterstufenschulbücher tragen hingegen tendenziell eher zu Schülerfehlvorstellungen bei, als dass sie diese adäquat behandeln (vgl. auch Schecker et al., 2018). Positiv darf hierbei allerdings angemerkt werden, dass das Konzept „Radioaktivität ist ein natürlicher Prozess und umgibt uns ständig“ in allen Schulbüchern enthalten ist und somit beispielsweise der Schülervorstellung entgegenwirken kann, dass Radioaktivität vor allem aus Atomkraftwerken stammt (Neumann, 2013).
Wie in Abb. 3 ersichtlich, überwiegen Abbildungen, die potentiell negative Assoziationen bei Schüler_innen hervorrufen könnten leicht über jene mit positiven Assoziationen. Dies gilt sowohl für die Unterstufe (neg.: 17,3 %; pos.: 15,7 %) als auch für die Oberstufe (neg.: 21,1 %; pos.: 16,4 %). In der Unterstufe wird der leichte Überhang v. a. durch Abbildungen zu (notwendigem) Strahlenschutz mit einem Anteil von 10,7 % verursacht, in der Oberstufe sowohl durch Bilder zu Atomwaffen (9,9 %), als auch zu Strahlenschutzmaßnahmen (7,3%).

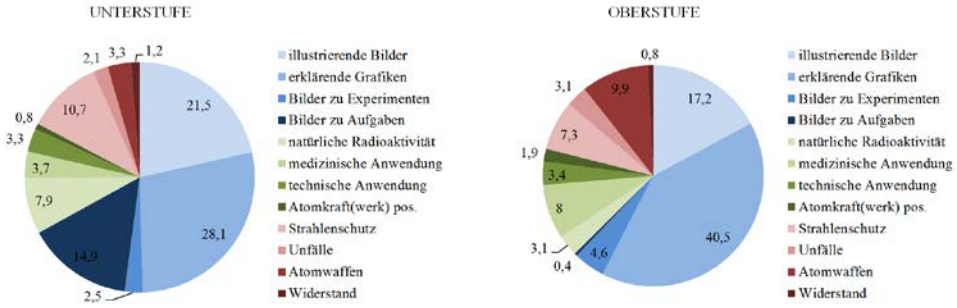


Abb. 3: Mittlerer Anteil von Abbildungen zur allgemeinen Anschaulichkeit (blau) bzw. potentiell positiv (grün) oder negativ (rot) beeinflussende Abbildungen beim Kapitel Radioaktivität.

Die Ergebnisse zu den Abbildungen decken sich mit jenen zu den textlichen Inhalten der Schulbücher (Tab. 3). Texte, die kritische Bewertungsmöglichkeiten zur Thematik Radioaktivität mitschwingen lassen – wie etwa Berichte zu Unfällen, Atomwaffeneinsatz bzw. zur generellen Gefährlichkeit ionisierender Strahlung – überwiegen ebenfalls leicht über jene Textabschnitte, die positive Aspekte in den Vordergrund stellen (z. B. hilfreich und notwendig in der Medizin; extrem hohe Energiedichte atomarer Brennstoffe, etc.).

	Unterstufe		**Oberstufe**	
	Anzahl	**SD**	**Anzahl**	**SD**
Tendenziell positive Textabschnitte	2,4	1,1	2,2	1,3
Tendenziell negative Textabschnitte	3,6	1,1	3,8	2,0

Tab. 3: Vergleich der durchschnittlichen Anzahl von Textpassagen, die bei Schüler_innen positive bzw. negative Assoziationen zur Thematik Radioaktivität hervorrufen könnten – inkl. Standardabweichung (SD).

Zusammenfassend kann zu den verwendeten Abbildungen und Texten beim Themengebiet Kernphysik festgehalten werden, dass der Anspruch an Schulbücher und Unterricht zu einer ausgewogen Darstellung wertender Inhalte damit erfüllt und dem gesellschaftlichen Konsens in Österreich in Bezug auf Radioaktivität gleichzeitig Rechnung getragen wird. Ferner unterstützen die umfangreichen Darstellungen natürlicher Radioaktivität die Beeinflussung von Schülervorstellungen (Neumann, 2013; Hopf & Schecker, 2018) in positiver Weise.

Literatur

Apolin, M. (2017). Big Bang 5. Physik RG. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch

BGBl Nr. 88/1985. Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen; Bekanntmachung der Lehrpläne für den Religionsunterricht an diesen Schulen. Bundesrecht konsolidiert. Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, tagesaktuelle Fassung. Abgerufen am 12.8.2019 von: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568

BMBWF & BKA (2019). Schulbuchaktion online. Online Schulbuchsuche zur österreichischen Schulbuchaktion. Abgerufen am 30. 4. 2018 von http://schulbuchsuche.bmb.gv.at/selection//faces/ view. xhtml;jsessionid= C7D4019048AD26EB99392726DFA3504B?windowId=228

Fürböck, S. & Putz, B. (2015). Mehrfach Physik 4. Teil 1 – Wissen & Verstehen. Wien. Veritas

Fürböck, S. & Putz, B. (2015). Mehrfach Physik 4. Teil 2 – Anwenden & Forschen. Wien. Veritas

Fürnstahl, H., Janisch, S. & Wolfbauer, M. (2016). Physik heute 4. Wien: Veritas

Geipel, R. (2019): Radioaktivität zum Anfassen. Philion-Versuche. Abgerufen am 19.8.2019 von: https://www.radioaktivitaet-zum-anfassen.com/philion-versuche/

Geise, S. & Rössler, P. (2017). Visuelle Inhaltsanalyse. Ein Vorschlag zur theoretischen Dimensionierung der Erfassung von Bildinhalten. In P. Rössler (Hrsg.), Inhaltsanalyse (3. Auflage). Konstanz & München: UVK Verlagsgesellschaft, S. 341-361

Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (3. Aufl.). Berlin & Heidelberg: Springer

Gollenz, F., Breyer, G., Tentschert, H.-H. & Reichel, E. (2013): Physik 4. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch

Gschöpf, S. & Prantl-Maresch, U. (2016). Erlebnis Naturwissenschaften 3. NAWI HLW. Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky

Härting, H., Kauertz, A. & Fischer, H.E. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht. MNU 65/4, S. 197-200

Hopf, M. & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu fortgeschrittenen Themen der Schulphysik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Verlag, S. 225-242

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. ZfDN 21, S.127–139

Kauertz, A., Löffler, P. & Fischer, H.E. (2015). Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (3. Aufl.). Berlin & Heidelberg: Springer

Kaufmann, E., Zöchling, A., Masin, C. & Grois, G. (2014). Physik verstehen 4. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch

Kuhn, J., Schäfer, M., Hauck, B. & Ulber, R. (2018). Ionisierende Strahlung mit dem Smartphone messen. Chemie in unserer Zeit 52, S. 160-163

Lackner, A. & Wukowich, M. (2017). Schwerelos. Physik 4. Wien: E. Dorner

Lackner, A. & Wukowich, M. (2017). Schwerelos. Physik 4. Arbeitsheft. Wien: E. Dorner

Machart, P. & Strahl, A. (2020): Versuche im Physikunterricht an österreichischen Schulen – eine Bestandsaufnahme. Unter besonderer Berücksichtigung des Themengebietes Radioaktivität. PhyDid B (in Arbeit)

Merzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)

Neumann, S. (2013). Schülervorstellungen zum Thema Strahlung. Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dissertation. Universität Wien

Nussbaumer, A. & Nussbaumer, B. (2017). Physik compact. Basiswissen 5. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch

Putz, B. (2018). Faszination Physik. 5 bis 6. Wien: Veritas

Rössler, P. (2017). Inhaltsanalyse (3. Aufl.). Konstanz & München: UVK Verlagsgesellschaft

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Verlag

Sexl, U.S., Kühnelt, H., Stadler, H., Jakesch, P. & Sattlberger, E. (2017). Physik 5. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch

Strahl, A., Thiele, S. & Müller, R. (2013). Formeln in Physik(schul)büchern – eine quantitative Untersuchung. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, S. 329 – 331

Aus Platzgründen wurde für die Schulbücher der Oberstufe jeweils nur eine Ausgabe exemplarisch zitiert.

Michael M. Hull University of Vienna

Emergent Aspects of Radioactivity: Creation of a Survey on Half-life

Introduction

Ionizing radiation is utilized around the world for energy, industrial, and medical purposes. However, common use of a technology does not mean that it is commonly understood. Students fail to distinguish radioactive substances from the radiation they emit and consequently think that plumes of radiation arose from the destruction at Chernobyl and were carried by the wind (*e.g.*, Riesch & Westphal, 1975; Eijkelhof, 1990; Neumann & Hopf, 2013; Millar *et al.*, 1990; Johnson & Hafele, 2010; Schrader & Bolte, 2017). Many mistakenly assume that exposure to nuclear radiation makes objects and people radioactive themselves (*e.g .*, Eijkelhof 1990; Millar *et al.*, 1990; Johnson & Hafele, 2010; Prather & Harrington, 2001).

It has been argued (Eijkelhof 1990) that the randomness inherent in radioactivity contributes to student difficulty in understanding the topic. Students tend to attribute predictable characteristics which emerge when there are enough random events taking place to the individual events themselves. Consistent with previous findings by other researchers, a pilot study consisting of seven interviews of Gymnasium students in Vienna last year indicated a student tendency to apply the half-life concept to a single nucleus, for example, to say that the nucleus must transform prior to the half-life (Eijkelhof *et al.*, 1990; Hull & Nakamura, 2018), that the nucleus is half-gone after the half-life (Klaassen *et al.*, 1990), or that the nucleus has a 50% likelihood to transform on the day marking the end of one half-life (Hull & Nakamura, 2018). Based upon prompts used in these interviews, I created and administered an open-ended survey to Gymnasium students. In this report, I will discuss 1) the results of this survey, and 2) how I am using these results to create a fixed-response version of the survey that I plan to administer in the future.

Survey Creation and Analysis

The survey contained several of the prompts that had yielded fruitful data in the prior interview study, as well as several additional prompts that also related to student understanding of half-life. Although the full survey is available upon request, here I will only discuss two of the prompts, the "Many vs 1" prompt (Hull & Nakamura, 2018) and the "Cage" prompt (Jansky 2019). The former consists of two parts, the first of which reads:
Radon-222 is an example of a radioactive atom. It has a half-life of about 4 days, meaning if you start with a whole bunch of the atoms, only half of them will still remain after 4 days. Imagine that you begin with 100 million Radon-222 atoms. How much Radon-222 will remain after a) 4 days, b) 8 days, and c) 12 days? Explain briefly, how you reached your answers.

The second part of the prompt is similar, except it asks students how much Radon would remain if there is only one atom in the beginning. So as to minimize student tendency to just assume that the answers to this second part are the same as those to the first part, the two parts are on different pages, with the "Cage" prompt placed between them:
Suppose you have a friend who has just freshly created one of these [Radon-222] atoms and is keeping it in a cage. You really want to see the atom transform, but your parents will only let you take one day off from school to go watch the nucleus. Would you go on the day your friend first created the atom to go watch and see if it transforms? Or would you wait until a later day? Which day?

A native German-speaking colleague who is an expert in student understanding of radiation translated this survey into German. I then conducted survey validation interviews with three high school students in German. This led to minor changes to wording of the prompts. Finally, I administered this survey in June 2019, to 55 junior high school students (13-14 years old) visiting the University of Vienna. These students took the survey prior to a lesson from pre-service teachers on radioactivity. Before their visit, these students had not yet had any instruction on radioactivity. Once the data had been collected, I carried out an abridged version of inductive category formation (Mayring 2015) with the same colleague, looking at a small number of student responses to serve as discussion points for the generation of coding categories. I then applied these codes to the remaining survey responses. The results of this analysis are presented in Tables 2 and 3 below (N = Number, C = Codes, P = Respondents). The desired response is indicated in the table with an asterisk (*).

Category	N of C	% of C	% of P
Answer to part 2 of the "Many vs 1" prompt			
MA1: 1/2 ; 1/4; 1/8	32	62	62
MA2: 1/2 ; 0 ; 0	4	8	8
MA3: 1; 1; 1 // 0; 0; 0 // 1; 0; 0 // 1; 1; 0	8	15	15
*MA4: 1 OR 0; 1 OR 0; 1 OR 0	2	4	4
MA5: 111; 55; 27.5	2	4	4
Reasoning on part 2 of the "Many vs 1" prompt			
MR1: Half-gone after T 1/2	20	43	57
MR2: "Same as the first part of the prompt"	9	20	26
*MR3: Unpredictable	2	4	6
MR4: Cannot have half an atom	4	9	11
MR5: Atoms do not disappear	3	7	9
MR6: The atom is all gone in 2*T1/2	2	4	6
MR7: The atom is eventually gone	3	7	9

Table 2. Survey responses to the second part of the "Many vs 1" prompt

The most frequent response, indicated by 62% of the 52 respondents who answered the prompt with a legible and relevant response, was MA1, that half of the atom would remain after 4 days (one half-life) had passed, ¼ of the atom would remain after two half-lives had passed, and 1/8 of the atom would remain after three half-lives. About a quarter (26%) of the 36 respondents who explained their answer noted that they had solved the problem the same as they had solved the first part of the prompt (indicated by code MR2), where 100 million atoms are present in the beginning. In total, 41 of the 55 respondents described in at least one of these two prompts the idea that half of an atom would remain after one half-life (coded with MA1 and/or MA2 and/or MR1 and/or CR1). To be clear, respondents *had* learned previously about atoms. In fact, a total of 8 respondents from the remaining 14 students explicitly rejected the idea of having half an atom (coded with MA3 and/or MA4 and/or MR4, but not with the former "half of an atom remains" codes). However, only 3 of these 8 respondents answered at least one of these two prompts with ideas of randomness (coded with MA4 and/or MR3 and/or CR3). An example of such a response (translated into English) was "I would go on the day that the atom is made, because one cannot (quite) predict when it will transform" (coded CA2 and CR3). On the other hand, considering that

these students had not previously learned about half-life in school, it is noteworthy that ANY students answered in terms of randomness.

Category	N of C	% of C	% of P
Answer to the cage prompt			
CA1: Half-life	18	41	41
CA2: A day NOT T 1/2	23	52	52
*CA3: All days are equally good	0	0	0
Reasoning on the cage prompt			
CR1: Half-gone after T 1/2	8	24	30
CR2: The decay is a process, but not referencing T 1/2	16	48	59
*CR3: Unpredictable	4	12	15
CR4: The decay takes place at T1/2	2	6	8
CR5: Decay goes quickly	1	3	4
CR6: Turns into a different atom after becoming half the size	1	3	4
CR7: One should not wait too long	1	3	4

Table 3. Survey responses to the "Cage" prompt

It is also noteworthy that three students had responses on the second part of the "Many vs 1" prompt that contradicted their responses to the "Cage" prompt. The student quoted above, for example, who wrote for the "Cage" prompt that one cannot predict when the atom will decay, wrote on the "Many vs 1" prompt that the atom would already be gone by 4 days because "One cannot have half an atom" (coded MA3 and MR4). It may seem strange that in one prompt, the response suggests that the student understands that the decay of a single atom is random, whereas in response to another prompt on the same survey, the student seems to think that it occurs predictably, immediately after the creation of the atom. Indeed, if the student's ideas about radioactivity are unitary (in the sense that the student has just one conception of radioactive decay), then we would not expect this to occur. The data, then, suggest that, at least for these three respondents, the student ideas about radioactivity are *not* unitary, but rather more fluid and changeable in nature. Knowledge in Pieces frameworks, for example the P-Prims Theory of diSessa (diSessa 1993), have accounted for such fluidity in student reasoning by arguing that student ideas consist of smaller knowledge pieces that can be, but need not be, firmly bound to each other. Such frameworks are fruitful for thinking not only about the seemingly inconsistent data from this survey, but also in the variability in reasoning observed in student interviews (Hull and Nakamura, 2018).

Future Work

In this report, I have discussed results from just two of the items on the survey. I intend to analyse the remaining items from the survey and to use the results to construct a two-tier multiple choice survey. This survey will be validated first through survey validation interviews. Following this, the revised survey will be administered and pilot data collected. Rasch analysis will then be used both for further validation as well as for assessing reliability of the instrument.

Literatur

diSessa, A.A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10 (2–3), 105–225

Eijkelhof, H.M.C. (1990). Radiation and Risk in Physics Education. CD[beta] Press

Eijkelhof, H.M.C. et al. (1990). Perceived Incidence and Importance of Lay-Ideas on Ionizing Radiation: Results of a Delphi-Study Among Radiation-Experts. Science Education, 74 (2), 183-195

Hull, M.M. & Nakamura, T. (2018). Understanding Half-Life as Emergent. In GDCP Conf. Proc., 484-487

Jansky, A. (2019). Ph.D. Thesis

Johnson, A. & Hafele, A. (2010). Exploring Student Understanding Of Atoms And Radiation With The Atom Builder Simulator. In AIP Conf. Proc., 177–180

Klaassen, C.W.J.M., Eijkelhof, H.M.C, & Lijnse, P.L. (1990). Considering an alternative approach to teaching radioactivity. In Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education, 304-316

Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution.

Millar, R., Klaassen, K., & Eijkelhof, H. (1990). Teaching about radioactivity and ionizing radiation: an alternative approach. Physics Education, 25, 310

Neumann, S. & Hopf, M. (2013). Students' Ideas About Nuclear Radiation–Before and After Fukushima. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 9 (4), 393-404

Prather, E.E. & Harrington, R.R. (2001). Student understanding of ionizing radiation and radioactivity. Journal of College Science Teaching 31, 89

Riesch, W. & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. Der Physikunterricht 9, 75

Schrader, N. and Bolte, C. (2017). Vorstellungen vom Unsichtbaren Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. In GDCP Conf. Proc., 780-783

Tatjana Lamparter
Raimund Girwidz
Ludwig-Maximilians-Universität München

Sehen was unsichtbar ist - Visualisierungen und Experimente im UV–Bereich

Abstract
UV-Strahlung bietet verschiedene attraktive Kontexte. Eine Möglichkeit ist der Ausflug ins Tierreich zu den Bienen, die im Gegensatz zu uns Menschen im UV-Bereich sehen können. Hier lässt sich mit Bildvergleichen (von Aufnahmen im sichtbaren Spektrum und von UV-Aufnahmen) die unterschiedliche Wahrnehmung deutlich machen, zum Beispiel von Details auf Blütenblättern. Ein weiterer Anreiz für Schülerinnen und Schüler sich mit UV-Strahlung zu befassen ist der Sonnenschutz. Hier lohnt sich ein Abstecher in die UV-Sensorik, um mit Experimenten Sonnenschutzmaßnahmen zu testen und zu lernen, wie man sich vor UV-Strahlung schützen kann. Durch Visualisierungen und Schemazeichnungen werden Sachverhalte aus dem UV-Bereich erklärbar. Die theoriegeleitete Umsetzung speziell des Dreiklangs *„Erleben" – „Verstehen" – „Anwenden"* wird im Folgenden aufgezeigt.

Abb. 1: Gelber Sonnenhut (Rudbeckia) aus Sicht eines Menschen links und einer Biene rechts, jeweils in schwarz-weiß. Während die Blütenblätter für Menschen einfarbig sind, sehen Bienen „Nektarlotsen".

Theoretischer Hintergrund

Motivierende Kontexte sind wesentlich, um naturwissenschaftliche Grundbildung zu fördern und flexibel aufgebautes Wissen zu erlangen (Müller, 2006). Nach Kuhn (2011) sollen sie so gewählt werden, dass von den Lernenden Sinnhaftigkeit, Bedeutungsgehalt und Relevanz des Lerninhalts erkannt werden. Physikalische Sachverhalte und Prozesse mit UV-Strahlung werden im Rahmen eines Forschungsprojektes in den Kontext „Sehen was wir nicht sehen" eingebettet und fächerübergreifend mit der Biologie behandelt. So wird u.a. das Sehen von Bienen nachempfunden. Bienen, andere Insekten, aber auch einige Vogelarten können UV-Strahlung im Gegensatz zu Menschen wahrnehmen (Lind, Mitkus, Olsson, Kelber, 2014). Um ihre Wahrnehmung nachzuempfinden, wurde eine UV-sensitive Kamera gebaut. Mit Filtern, die visuelle und infrarote Strahlung blocken, können beispielsweise die für uns nicht sichtbaren Nektarlotsen auf den Blüten des Sonnenhuts fotografiert werden. Kombiniert mit dem gleichen Ausschnitt im visuellen Licht lässt sich die Sicht der Bienen näherungsweise nachempfinden (siehe Abbildung 1).

Wesentliche Bestandteile naturwissenschaftlichen Arbeitens sind Vermuten, Prüfen und Interpretieren (Duit, Gropengießer, Stäudel, 2004), die im Rahmen dieses Forschungsprojektes gefördert werden sollen. Bei Experimenten mit UV-Strahlung ist in besonderer Weise logisches Denken gefragt, da UV-Strahlung nicht sichtbar ist. Wie man verschiedene Aspekte des breiten Spektrums an naturwissenschaftlichen Methoden übersichtlich ordnen kann, zeigte Stäudel (2004) mit der Spinnennetz-Methode.

Eine weitere Kernkompetenz naturwissenschaftlichen Arbeitens ist die Vermittlung und die Kommunikation von Inhalten (Duit, Gropengießer, Stäudel, 2004). Ein bekanntes Sprichwort lautet: „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte". Dies betont die Bedeutung und den Nutzen von Visualisierungen. Um das Verhalten und Merkmale der nicht sichtbaren UV-Strahlung zu verdeutlichen, sind Visualisierungen in dem Projektvorhaben von besonderer Relevanz. Wie Watzka, Buchner, und Girwidz (2017), Montalbano (2014) und Heusler (2013) feststellen, helfen Visualisierungen, verborgene Dinge und Details sichtbar zu machen. Hegarty, Carpenter und Just (1991) unterstreichen, dass Visualisierungen, insbesondere bildhafte Darstellungen, wichtig für den Aufbau von angemessenen Vorstellungen zu physikalischen Sachverhalten sind. Auch sie erwähnen, dass bildhafte Darstellung geeignet sind, um nicht sichtbare Sachverhalte vorstellbar zu machen.

Allerdings gibt es im grafischen Bereich sinnvolle Ausdrucksmittel und Konventionen, die Novizen erst kennen lernen müssen, um wissenschaftliche Bilder und grafische Darstellungen korrekt zu interpretieren. Helfen können hier Hinweise, die die Aufmerksamkeit des Betrachters auf relevante Informationsbereiche lenken (gemäß dem Signalisierungsprinzip, vgl. z.B. van Gog, 2014).

In dem Forschungsprojekt wird die Frage aufgegriffen, wie entsprechende Schemata, Bilder, Abbildungen und Fotos zu gestalten und einzusetzen sind, um effektive Einblicke in sonst nicht zugängliche Bereiche des elektromagnetischen Spektrums zu geben. Dabei kommen speziell auch Steuercodes zum Einsatz, um besonders relevante Informationen zu akzentuieren.

Methodisches Vorgehen

Konzeptionell wir nach dem didaktisch-methodischen Dreiklang *„Erleben" – „Verstehen" – „Anwenden"* (Girwidz, 2006) vorgegangen. Erlebt wird in Experimenten, dass es Strahlung außerhalb des sichtbaren Bereichs gibt. Danach wird unter anderem das Verständnis aufgebaut, dass UV-Strahlung ebenso wie das visuelle Licht reflektiert, transmittiert und absorbiert wird. Schließlich kommt dieses Wissen bei der Optimierung von Sonnenschutzmaßnahmen zur Anwendung. Ein erstes Beispiel zum Erleben der Wirkung und zum Nachweis von UV-Strahlung ist ein Schülerexperiment mit UV-Perlen (vgl. auch Plotz und Zloklikovits, 2019). UV-Perlen sind im Ausgangszustand weiß, verfärben sich jedoch bei der Einwirkung von UV-Strahlung. Als Quelle dient im Sommer die Sonne (durchaus auch bei leichter Bewölkung). Ansonsten können UV-Lampen oder andere Leuchtmittel, die UV-Strahlung emittieren aus der Lehrmittel-Sammlung genutzt werden. Eine ähnliche Möglichkeit zum Nachweis von UV-Strahlung bietet chininhaltiges Wasser, besser bekannt als Tonic Water. Es fluoresziert bei Anregung durch UV-Strahlung. Hat man starke UV-Lampen zur Verfügung, kann man einen mit chininhaltigem Wasser gefüllten Rundkolben als Indikator nutzen, um Gesetzte der geometrischen Optik halbqualitativ zu untersuchen.
Um UV-Strahlung in einem weiteren alltags- und techniknahen Anwendungskontext zu studieren, können Geldscheine unter UV-Lampen betrachtet werden. Hier kommen unter anderem fluoreszierende Fasern zum Vorschein, die unter visuellem Licht nicht zu sehen sind.

Abb. 2: Qualitativer Nachweis von UV-Strahlung durch UV-Perlen, die von einem im UV-Bereich strahlenden Nagellack-härter angeregt werden.

Das Untersuchungsvorhaben

Zu Visualisierungen lassen sich eine ganze Reihe von Forschungsfragen definieren – hier eine Auswahl für das Forschungsvorhaben:

- Welche Visualisierungen nutzen Lernende bevorzugt für ihren Wissenserwerb, zum Verständnis, bei Argumentationen und Diskussionen, bei Präsentationen und bei Darstellungen von Versuchsergebnissen?
- Welche Visualisierungen sind für physikalisches Wissen, speziell zu Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung und Phänomenen in nicht-sichtbaren Bereichen besonders geeignet?
- Welche Hilfen sind notwendig, damit relevante Informationen herausgearbeitet werden können?
- Inwieweit ist die Notwendigkeit von Hinweisen abhängig von dem Vorwissen und dem Bekanntheitsgrad der Visualisierung (Foto, Diagramm oder Infographik)?
- Inwiefern sind sich Lernende bewusst, dass eingesetzte Visualisierungen mitunter etwas zeigen, das prinzipiell nicht direkt sichtbar ist?

Die Untersuchung verwendet inhaltsbezogene Fragebögen vor und nach Interventionen und wird durch Eyetracker-Studien mit Blickanalysen unterstützt. So kann erschlossen werden, welche Details besonders gut aufgenommen werden, welche Details und Zusammenhänge bewusst werden und später wieder abrufbar sind, und welche Details unbeachtet bleiben.

Literatur

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag, S. 4-8.

Girwidz, R. (2006). Ich sehe was, das ihr nicht seht. Einblicke in den nahen Infrarotbereich mit einer Kamera für 20 €. Unterricht Physik, 17, Nr. 96, S. 40-41.

Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1991). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In R. Barr, M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, & P. D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research*, Vol. 2, (pp. 641-668). New York: Longman.

Heusler, S., (2013). Visualisierungen - ein Schlüssel zu moderner Physik im Schulunterricht. SCIENCeMOTION.

Kuhn, J (2011). Einsatz und Effektivität authentischer Lernmedien im Physikunterricht - Zeitungsaufgaben und Co. *Plus Lucis*, S. 11-17.

Lind O, Mitkus M, Olsson P, Kelber A. (2014). Ultraviolet vision in birds: the importance of transparent eye media. 281. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Science*.

Montalbano, V., (2014). Seeing and interacting with the invisible: A powerful tool for the learning of science. arXiv preprint.

Müller, R., (2006). Kontextorientierung im Alltagsbezug. In H. F. Mikelskis (Ed.) Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (S.102-119). Berlin: Cornelsen Scriptor

Plotz, T., & Zloklikovits, S. (2019). Strahlung konkret, *Plus Lucis*, S. 34–42.

Stäudel, L (2004). Die Spinnennetzmethode – Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag, S. 9.

van Gog, T. (2014). 11 The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (2nd ed., pp 263-278). New York: Cambridge University press.

Watzka, B., Buchner, L.D., Girwidz, R., (2017). Authentisches Lernen mit Atemalkoholsensoren im Physikunterricht - Physikalische Grundlagen, Visualisierungen und Experimente. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1/16, S. 14-26.

Anna Monika Just
Claudia von Aufschnaiter

Justus-Liebig-Universität Gießen

Differenzierender Schülervorstellungstest zur Mechanik

Eine wesentliche Leitlinie naturwissenschaftsdidaktischer Lehr-/Lernforschung ist die Bezugnahme auf das Vorwissen von Schüler*innen (S*S) sowie auf dokumentierte Schülervorstellungen (SV), da diese eine zentrale Rolle für das Lernen neuer Inhalte spielen (u. a. Hattie, 2009; Schecker et al., 2018). Insbesondere in der für den Physikunterricht zentralen Thematik der Mechanik sind SV bisher besonders umfassend untersucht und dokumentiert (z. B. Schecker & Wilhelm, 2018). Das Lernen von Konzepten der Mechanik stellt sich jedoch häufig als relativ anspruchsvoll heraus, z. B. für den Aufbau eines qualitativen Verständnisses von Bewegungsphänomenen. Dabei scheint traditioneller Unterricht nur begrenzt wirksam zu sein (z. B. Wilhelm, 2005). Typische SV lassen sich auch noch bei Studierenden identifizieren (z. B. Schecker & Wilhelm, 2018). Um diesem Problem in der Gesamtschau zu begegnen und ein angemesseneres Mechanikverständnis nach dem Unterricht zu erzielen, muss der Heterogenität im fachlichen Verständnis von S*S Rechnung getragen werden. Fachbezogene, an SV orientierte, binnendifferenzierende Maßnahmen können an dieser Stelle einen wichtigen instruktionalen Ansatz darstellen (u. a. Bruggmann Minnig, 2011; Wodzinski, 2016). Differenzierung in diesem Sinne nimmt in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung jedoch nur einen relativ kleinen Raum ein und es mangelt aktuell noch an Befunden zur Nutzung und Wirkung binnendifferenzierender Maßnahmen (u. a. Bruggmann Minnig, 2011; Gruehn, 2002; Zfg. in Wodzinski, 2015), insbesondere, wenn diese an SV anknüpfen sollen.

Forschungsanliegen

Den Ausgangspunkt für schülervorstellungsorientierte Binnendifferenzierung bildet eine differenzierte Diagnose aktuell vorliegender SV, wobei bereits eine Reihe von Testinstrumenten zur Erfassung dieser existiert (u. a. Alonzo & Steedle, 2009; Hestenes et al., 1992; Thornton & Sokoloff, 1998; Zfg. in Schecker & Wilhelm, 2018). Bei der Analyse der Instrumente fällt allerdings auf, dass SV mit diesen in den meisten Fällen nur dichotom als „richtig“ oder „falsch“ erfasst werden können. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass sich SV schlagartig von einem (vollkommen) unangemessenen in ein fachlich wünschenswertes Konzept verändern (z. B. Hopf & Wilhelm, 2018). Unsere Annahme ist, dass auch in unangemessenen Vorstellungen anschlussfähige Ideen unterschiedlicher Qualität stecken und sich das Verständnis in Schritten entwickelt. Empirisch gesicherte Niveaumodelle, die als Progressionsmodelle genutzt werden, um *Fortschritt im Verständnis* zu beschreiben, sind sogenannte Learning Progressions (LP; u. a. Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018; Alonzo & Steedle, 2009; NRC, 2007). Eine Orientierung an LP kann helfen, das Verständnis niveaudifferenziert und damit präziser zu erfassen als bisherige Instrumente, die nicht auf Graduierungen im Verständnis orientiert sind. Zudem wird von aktuellen Instrumenten auch nur selten die Variabilität von Vorstellungen über Aufgaben verschiedener Merkmale (z. B. verschiedene Situationsklassen & Aufgabenformate) erfasst. Unter der Annahme, dass Vorstellungen im Lernen nicht konsistent, sondern situationsabhängig aktiviert werden (u. a. Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018; Schecker & Wilhelm, 2018), sind Informationen über die Variabilität in der Aktivierung verschiedener Vorstellungen für die Planung binnendifferenzierender Fördermaßnahmen von Relevanz. Vor diesem Hintergrund ist ein zentrales Ziel des Projekts die Entwicklung und der Einsatz eines Testinstruments zur niveaudifferenzierenden und situationssensitiven Erfassung von SV in der Newtonschen Mechanik, um Hinweise und Implikationen für binnendifferenzierende Fördermaßnahmen zu generieren.

Die zentralen Forschungsfragen lauten:
- FF1: Inwiefern werden fachlich angemessene Vorstellungen aktiviert?
- FF2: Inwiefern existiert ein Zusammenhang zwischen aktivierten Vorstellungen (unterschiedlicher Niveaus) und verschiedenen Aufgabenmerkmalen?
- FF3: Inwiefern unterscheiden sich verschiedene Personengruppen (S*S, Studierende) hinsichtlich FF1 & FF2?

Testentwicklung

Inhaltlich fokussiert der Test auf die Newtonschen Axiome, da diese sowohl zu den Grundideen der Mechanik zählen als auch im Rahmen der (Schul-)Physik einen zentralen Inhalt darstellen (z. B. Kräfte zwischen Ladungen, Zusammenhang Druck und Kraft). Passend zu den damit verknüpften Konzepten (z. B. zum Kraftbegriff) wurden dokumentierte SV gesichtet und entlang einer etablierten LP zu Kraft und Bewegung (Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018; Alonzo & Steedle, 2009) verschiedenen Verständnisniveaus zugeordnet: 1: Kraft = Bewegung, 2: Kraft ~ Bewegung, 3: Kraft ~ Geschwindigkeit, 4: Kraft ~ Geschwindigkeitsänderung. Aus der anschließenden Analyse bestehender Testinstrumente wurden Aufgabenmerkmale ausgewählt, bei denen vermutet werden kann, dass deren Variation mit Variabilität in aktivierten SV einhergehen könnte. Bei diesen Merkmalen handelt es sich beispielsweise um das *Aufgabenformat* (offen vs. geschlossen; u. a. Hadenfeldt & Neumann, 2012; Härtig, 2014), die *Formulierungsrichtung* (von Kraft auf Bewegung schließen vs. von Bewegung auf Kraft schließen; z. B. Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018), die *Bewegungsrichtung* (horizontal vs. vertikal; vgl. Ferreira et al., 2019) und die *Bewegungsform* (Ruhe vs. konstante Geschwindigkeit). Aus der Modifikation bereits bestehender und der Konstruktion neuer Aufgaben entstand ein relativ großer Aufgabenpool identisch aufgebauter, systematisch parallelisierter und entlang dieser Merkmale kontrastierbarer Aufgaben. Abb. 1 zeigt exemplarisch eine typische Kontrastierung zweier geschlossener Aufgaben.

Abb. 1: Kontrast „Formulierungsrichtung" (l.: Kraft → Bewegung, r.: Bewegung → Kraft)

Zur Vorbereitung einer niveaudifferenzierenden Auswertung wurden die geschlossenen Aufgaben dabei im Ordered Multiple Choice-Format (OMC) angelegt, sodass allen auf SV basierenden Antwortmöglichkeiten je ein Verständnisniveau zugeordnet werden konnte (u. a. Briggs et al., 2006; Hadenfeldt & Neumann, 2012). Die offenen Aufgaben (Kräfte einzeichnen & benennen, Freitext) wurden entsprechend parallelisiert und sind im Testheft den geschlossenen Aufgaben vorangestellt.

Um eine möglichst große Anzahl an Aufgaben zu erproben, wurde ein Booklet-Design (z. B. Frey, Hartig & Rupp, 2009) verwendet. Im Zuge dessen wurden vier Testhefte mit je 46 Aufgaben (11 offen, 35 geschlossen) erstellt, die durch Ankeraufgaben (5 offen, 13 geschlossen; identisch in allen Heften) verknüpft werden können. Die Bearbeitungszeit für ein Testheft beträgt 60 min. Dabei darf nicht zurückgeblättert werden, um Effekte der hinteren Aufgaben auf die vorderen Aufgaben (z. B. offen vor geschlossen) zu vermeiden.

Datenerhebung und Auswertung

Im Anschluss an die Testentwicklung konnte das erste Testheft in einer Rohfassung mit $N = 17$ Examenskandidaten pilotiert werden. Nach einer Überarbeitung und der daraufhin erfolgten Konstruktion der anderen drei Testhefte, wurden diese zum einen bei Studierenden ($N = 199$) am Ende zweier Mechanikvorlesungen (VL1: Physik im Hauptfach, $N = 85$; VL2: Physik im Nebenfach, $N = 114$) und zum anderen bei S*S ($N = 157$) nach dem Mechanikunterricht (E-Phase & Q1) eingesetzt. Um einen ersten Einblick in die Ergebnisse und das Potential des Testinstruments zu erhalten, wurden in einem ersten Zugang nur die geschlossenen Aufgaben ausgewertet und zunächst dichotom kodiert (1: „richtig“; 0: „falsch“) sowie erste deskriptive Analysen durchgeführt.

Erste Ergebnisse

Hinsichtlich der Reliabilität lässt sich festhalten, dass für die einzelnen Testhefte (sehr) gute Werte ($0{,}86 < \alpha_C < 0{,}93$; basierend auf den Rohdaten der Teilstichprobe „S*S & Studierende“) erzielt werden konnten. Es zeigt sich, dass die Lösungswahrscheinlichkeiten von Aufgabenmerkmalen abhängen: Bei der gemeinsamen Betrachtung von S*S und Studierenden ($N = 356$) zeigen sich insbesondere Unterschiede in den Lösungswahrscheinlichkeiten der Aufgaben zum 1. Newtonschen Axiom. Aufgaben, bei denen der betrachtete Körper ruht, weisen eine deutlich höhere Lösungswahrscheinlichkeit auf (Mdn: 72%; SD: 10%) als Aufgaben, bei denen sich der Körper mit konstanter Geschwindigkeit bewegt (Mdn: 22%; SD: 18%). Weiterhin zeigte sich, dass Aufgaben zur konstanten Geschwindigkeit in der Formulierungsrichtung „Bewegung → Kraft“, deutlich schlechter gelöst werden (Mdn: 16%; SD: 5%) als Aufgaben in der Formulierungsrichtung „Kraft → Bewegung“ (Mdn: 47%; SD: 12%, vgl. Abb. 2). Diese Befunde liefern exemplarisch erste Hinweise darauf, dass die Aktivierung von Vorstellungen mit verschiedenen Aufgabenmerkmalen zusammenhängen könnte und somit situationsabhängig erfolgt (FF2).

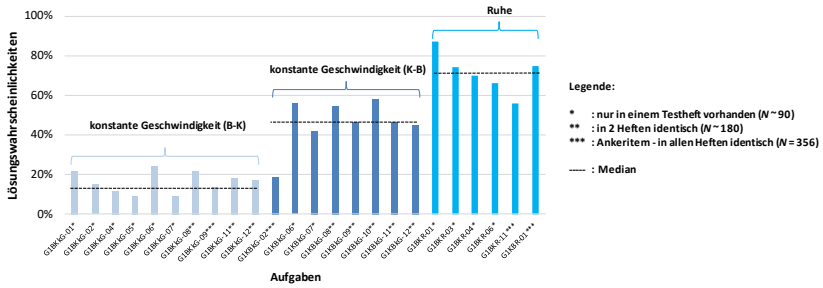


*Abb. 2: Lösungswahrscheinlichkeiten 1. Newtonsches Axiom (S*S & Studierende)*

Ausblick

In einem vertieften Zugang sollen die Antworten geschlossener Aufgaben jeweils mit dem zugehörigen Wert des Verständnisniveaus kodiert und polytom ausgewertet werden. Durch die Verwendung des Booklet-Designs können die Testhefte miteinander verknüpft und auf einer gemeinsamen Skala mit Hilfe der Rasch-Analyse (Winsteps) dargestellt werden. Dabei soll zusätzlich die Prüfung psychometrischer Kennwerte (z. B. Itemfit, DIF, Reliabilität, z. B. nach Boone et al., 2014) erfolgen. Verschiedene Validierungsschritte (z. B. kognitive Validierung mittels lautem Denken) sind in Planung. Auf der Rasch-Skalierung der Rohwerte basierende statistische Analysen (z. B. *t*-Tests) sowie die Verknüpfung parallelisierter Aufgaben in geschlossenen und offenen Formaten sollen u. a. Hinweise über einen möglichen Zusammenhang zwischen aktivierten Vorstellungen und Aufgabenmerkmalen liefern (FF2). Für die offenen Aufgaben wird dazu aktuell ein Kategoriensystem entwickelt.

Literatur

Alonzo, A. C. & v. Aufschnaiter, C. (2018). Moving beyond misconceptions: Learning progressions as a lens for seeing progress in student thinking. *The Physics Teacher*, *56*(7), 470-473.

Alonzo, A. C. & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, *93*(3), 389-421.

Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (Hrsg.). (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Briggs, D., Alonzo, A., Schwab, C. & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, *11*(1), 33-63.

Bruggmann Minnig, M. (2011). *Innere Differenzierung im Physikunterricht: Eine multimethodische Analyse von Lehr-Lern-Überzeugungen und unterrichtlichem Handeln*. Basel: Universität Basel.

Ferreira, A., Lemmer, M. & Gunstone, R. (2019). Alternative conceptions: Turning adversity into advantage. *Research in Science Education 49*(3), 657-678.

Frey, A., Hartig, J. & Rupp, A. A. (2009). An NCME instructional module on booklet designs in large-scale assessments of student achievement: Theory and practice. *Educational Measurement: Issues and Practice 28*(3), 39–53.

Gruehn, S. (2000). Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 12). Münster: Waxmann.

Hadenfeldt, J. C. & Neumann, K. (2012). Die Erfassung des Verständnisses von Materie durch Ordered Multiple Choice Aufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18,* 317-338.

Härtig, H. (2014). Das Force Concept Inventory: Vergleich einer offenen und einer geschlossenen Version. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1*(13), 53-61.

Hattie, J. (2009). Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

Hestenes, D. Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher, 30,* 141-158.

Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018). Conceptual Change. In: Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

National Research Council (NRC) (2007). *Taking science to school*. Washington, D.C.: National Academies Press.

Schecker, H. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen in der Mechanik. In: Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1998): Assessing student learning of newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. In: *American Journal of Physics 66* (4), S. 338–352.

Wilhelm, T. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory" in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 4*(2), 47-56.

Wodzinski, R. (2015). Leistungsheterogenität im naturwissenschaftlichen Unterricht – methodische Ansätze und empirische Befunde. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 31–42). Kiel: IPN.

Wodzinski, R. (2016). Heterogenität im Physikunterricht. Fachdidaktische Herausforderungen. *Plus Lucis, 2,* 2-5.

Marion Zöggeler Universität Salzburg
Alexander Strahl

Komponenten der Raumvorstellung in physikalischen Sachverhalten

Die Raumvorstellung gewinnt im gesamten naturwissenschaftlich-mathematisch-technischen Bereich, im Besonderen für das Verständnis verschiedener physikalischer Sachverhalte, zunehmend an Bedeutung. Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen dem Erfassen physikalischer Phänomene und der Raumvorstellung aufgezeigt. Dazu werden ausgewählte Inhalte in Bezug zur Raumvorstellung aufgeschlüsselt und deren spezifischen Komponenten, wie z. B. Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung, Mentaler Rotation, Räumlichen Beziehungen und Räumlicher Orientierung sowie Dynamik und Vorstellung von Größenordnungen zugeordnet.

Aktualität der Erforschung der Raumvorstellung

Die Erforschung des räumlichen Denkens und Handelns weist zahlreiche beachtenswerte Fortschritte auf. Insbesondere unterstützen die Möglichkeiten der Neurowissenschaften den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn in diesem Bereich. Bestimmte Hirnareale sind hochgradig miteinander vernetzt und für spezifische Aufgabenbereiche zuständig. Das Erkennen und Sichtbarmachen dieser Vernetzungen eröffnet Sichtweisen, wie Individuen räumlich denken und handeln. Dies betrifft u. a. grundlegende räumliche Denkvorgänge, wie z. B. das Merken und Bewegen räumlicher Objekte in der Vorstellung, das mentale Verändern von Positionen, Zeit- und Geschwindigkeitsvergleiche und das Sich-Zurechtfinden im realen Raum und in der Vorstellung. Beispielsweise merken sich die sogenannten Ortszellen (place cells) im menschlichen Gehirn den Ort, an dem sich eine Person befindet, und speichern entsprechende ortsrelevante Eindrücke ab, während die Gitterzellen (grid cells) für das Auffinden des Weges dorthin verantwortlich sind (Burgess, 2014). Des Weiteren bieten technische Errungenschaften neue Methoden an, die zur Erforschung der Raumvorstellung beitragen und eine Erweiterung des Sehens, Vorstellens, Denkens und Handelns ermöglichen. Virtuelle Darstellungen durch Augmented Reality- und Virtual Reality-Systeme erweitern die reale und mentale Sichtweise (Dünser, 2005).
Aufgrund der Tatsache, dass weltweit Fachkräfte für den gesamten naturwissenschaftlich-mathematisch-technischen Bereich (STEM bzw. STEAM – science, technology, engineering, arts, mathematics) fehlen und die Raumvorstellung eine DER Schlüsselkompetenzen für diese Wissensgebiete ist, gilt es, dieser grundlegenden Facette der Intelligenz einen bedeutenden Wert beizumessen. (Uttal & Cohen, 2012; Stieff & Uttal, 2015)

Stand der Forschung

Das Raumvorstellungsvermögen erfasst die Fähigkeit eines Individuums, in der Vorstellung etwas räumlich zu sehen und räumlich zu denken (Maier, 1994). Die Sinneseindrücke werden gedanklich verarbeitet und mental umgeordnet. Durch Denken werden räumliche Objekte mental erzeugt und transformiert, sowie Relationen zwischen mehreren dieser mentalen Objekte erkannt und hergestellt. Das Individuum selbst kann dabei gedanklich unterschiedliche räumliche Positionen einnehmen. (Maresch, 2018) Als Vorstufe und notwendige Voraussetzung dazu gilt die visuelle Wahrnehmung, die den anatomisch-neurologischen Sehvorgang bis hin zum „Erkennen“ der räumlichen Objekte und Beziehungen umfasst. Daran schließt sich das eigentliche mentale Arbeiten mit den räumlichen Objekten bzw. Vorstellungsbildern an, wie z. B. das Transformieren, Drehen, Spiegeln, Skalieren, Schneiden sowie das Sich-Orientieren im realen Raum und in der Vorstellung.

Raumvorstellung in der Physik

Die Raumvorstellung liegt in besonderem Maße zum einen zahlreichen Sachverhalten der Physik zugrunde, zum anderen auch der methodischen Darstellung von physikalischen Prozessen durch Graphen, Diagramme und Modelle (Zöggeler, 2019). Das räumliche Denken umfasst neben den Faktoren Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung, Räumliche Beziehungen, Mentale Rotation und Räumliche Orientierung (Maresch, 2015), u. a. auch das Erkennen von Bewegungen und Geschwindigkeiten und das Abschätzen von Größenordnungen. Die *Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung* wird als grundlegender Faktor angesehen und betrifft das Vorstellen des Objektes und seiner Teile; sie steht in engem Zusammenhang zur Komponente der *Räumlichen Beziehungen*, die die Lage von Objekten und ihren Beziehungen zueinander in einer gesamtheitlichen Anordnung beschreiben. Als ein physikalisches Beispiel für das Zusammenwirken beider Komponenten kann das Erkennen von Darstellungen identischer elektrischer Schaltungen angeführt werden. Wenn z. B. Parallelschaltungen gedreht aufscheinen oder Widerstände nicht optisch parallel angeordnet sind, so werden die Parallelschaltungen vielfach nicht als solche erkannt (siehe Abb. 1) (Wilhelm & Hopf, 2018). Die räumliche Beziehung der einzelnen Widerstände im physikalischen Kontext ist in Bezug zur gesamten Schaltung zu betrachten. Die Vorstellung der Ablenkung eines sich bewegenden geladenen Teilchens in einem Magnetfeld erfordert ebenfalls Räumliche Visualisierung und Erkennen von Räumlichen Beziehungen. Die *Mentale Rotation* betrifft die Fähigkeit, Figuren in verschiedenen Konstellationen räumlich zu drehen, z. B. bei der Vorstellung der räumlichen Anordnung der Atome in Molekülen. Studien (Kozhevnikov & Thornton, 2006; Kozhevnikov, Motes & Hegarty, 2007) zeigen, dass ein enger Zusammenhang zwischen räumlichem Denken und der Vorstellung von Bewegungen besteht. Dies trifft u. a. bei der Überlagerung von Bewegungen in unterschiedliche Richtungen, bei der Beschreibung von Bewegungsgraphen und beim Bezugssystemwechsel zu. Bei letzterem wird mitunter die *Räumliche Orientierung* benötigt. Sie bezeichnet die Fähigkeit, die Perspektive bzw. den Standort mental wechseln zu können und sich gedanklich in einer Konstellation von Objekten zurechtzufinden. Der Wechsel des Bezugssystems kann am Beispiel eines frei fallenden Körpers auf einem mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegten Wagen verdeutlicht werden (siehe Abb. 2). Für eine betrachtende ruhende Person außerhalb mit senkrechter Blickrichtung auf den Wagen ergibt sich eine parabelförmige Bahnkurve. Wenn angenommen wird, dass die beobachtende Person auf dem sich bewegenden Wagen steht, so erfordert dies einen Perspektivenwechsel, der zur Vorstellung einer anderen Bahnkurve führt. Als weitere Komponente der Raumvorstellung, die u. a. in obigen Beispielen der Mechanik zum Ausdruck kommt, gilt die *Vorstellung von Bewegungen und Geschwindigkeiten* (Stinken, 2015). Das *Abschätzen von Größenordnungen*, z. B. bei Entfernungen, Zeitangaben und Geschwindigkeiten, ist ein weiterer Aspekt der Raumvorstellung und spielt im Besonderen bei der Vorstellung vom Aufbau der Materie auf mikroskopischer Ebene und bei der Vorstellung von astronomischen Phänomenen (Cole, Cohen, Wilhelm & Lindell, 2018) eine Rolle. Aufgrund der Komplexität physikalischer Phänomene lassen sich diese Komponenten meist nicht einzeln einem Sachverhalt zuordnen, sondern das Zusammenwirken mehrerer von ihnen dient dem Verständnis und der Vorstellung.

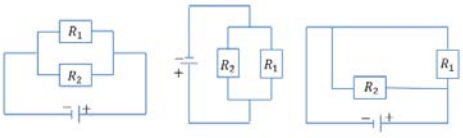


Abb. 1 – Parallelschaltungen mit Widerständen in unterschiedlicher Anordnung: gedrehte Schaltungen und geometrisch nicht parallel angeordnete Widerstände

Abb. 2 – Frei fallender Ball auf sich bewegendem Wagen

Zusammenfassend wird versucht, verschiedene Komponenten der Raumvorstellung an einem konkreten Beispiel im Detail aufzuschlüsseln. Es werden Teilinhalte, die für das Verständnis der Corioliskraft im sich drehenden Bezugssystem der Erde notwendig sind, ausgewählt und Komponenten der Raumvorstellung zugeordnet (siehe Abb. 3).

- Die Veranschaulichung/Räumliche Visualisierung, die das Erkennen von Kongruenzen, Ähnlichkeiten und Symmetrien sowie das Zusammenfügen von Teilen umfasst, findet sich in der Vorstellung vektorieller Größen, gleicher Winkel und ähnlicher Dreiecke wieder.
- Räumliche Beziehungen als Erkennen und Verändern von Relationen innerhalb einer gesamtheitlichen Konstellation zeigt sich zwischen den Bewegungsrichtungen bei der Ablenkung eines Objektes auf der Erdoberfläche sowie zwischen den auf das Objekt einwirkenden Kräften, wie Corioliskraft und Gravitationskraft.
- Die Mentale Rotation als Vorstellung von Drehungen von Flächen und Körpern kann für das Verständnis von Bezugssystemwechsel und für die Durchführung von Koordinatentransformationen hilfreich sein.
- Die Räumliche Orientierung, die sich auf den mentalen Perspektivenwechsel von innerhalb zu außerhalb der Objektkonstellation und vice versa sowie zwischen unterschiedlichen Standpunkten bezieht, wird in der Vorstellung der Ablenkung eines Objektes auf der Nord- bzw. Südhalbkugel deutlich.
- Die Vorstellung von Bewegung und Geschwindigkeit durchdringt dieses physikalische Phänomen in seiner Gesamtheit: Rotation der Erde um ihre eigene Achse, Bewegungsänderung von sich bewegenden Objekten auf und nahe der Erdoberfläche, Vorstellung von Bewegungsbahnen aufgrund der sich ändernden Corioliskraft in Abhängigkeit von der geographischen Breite.
- Das Abschätzen von Größenordnungen betrifft u. a. Entfernungen, Zeitangaben, Geschwindigkeiten und das Verhältnis von Coriolis- und Gravitationskraft bei senkrecht zur Erdoberfläche bewegten Objekten.

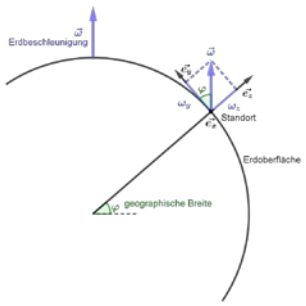


Abb. 3 – Darstellung der Erdbeschleunigung bzgl. eines lokalen ortsabhängigen Koordinatensystems mit den Achsen in Richtung Osten, Norden und Zenit; übersichtshalber ist die Erdachsenneigung vernachlässigt.

Literatur

Burgess, N. (2014). The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine: A Spatial Model for Cognitive Neuroscience. Neuron. 84 (6). Elsevier Inc.

Cole, M., Cohen, Ch., Wilhelm, J., & Lindell, R. (2018). Spatial Thinking in astronomy education research. Physical Review. Physics Education Research 14.

Dünser, A. (2005). Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality. Dissertation. Universität Wien, Fakultät für Psychologie.

Kozhevnikov, M., & Thornton, R. (2006). Real Time Data Display. Spatial Visualization Ability and Learning Force and Motion Concepts. Journal of Science Education and Tecnology. Vol.15. No.1.

Kozhevnikov, M., Motes, M.A., & Hegarty, M. (2007). Spatial Visualization in Physics Problem Solving. Cognitiv Science 31.

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences on spatial ability: a meta-analysis. Child Development, 56.

Maier, P. H. (1994). Räumliches Vorstellungsvermögen. Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule. Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Maresch, G. (2015). Wie kann die Raumintelligenz gefördert werden? Faktoren, Strategien und geschlechtsspezifische Befunde. Mathematik im Unterricht. Heft Nr. 6.

Maresch, G. (2018). Wie und Was sieht das Gehirn. Vortrag bei der 39. Österreichischen Fortbildungstagung für Geometrie. Strobl.

Stieff, M., & Uttal D. H. (2015). How much can spatial training improve STEM achievement? Educational Psychology Review. 27(4), 607-615.

Stinken, L. (2015). Schätzkompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I. Phy Did B.

Uttal, D. H., & Cohen, C. A. (2012). Spatial thinking and STEM education: When, why, and how? Psychology of Learning and Motivation. Vol.1.

Wilhelm, Th., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. Schecker, H., Wilhelm, Th., Hopf, M., Duit, R., (Hrsg.). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer Spektrum.

Zöggeler, M. (2019). Räumliches Denken in der Physik. Strahl, A. (Hrsg.) Delta Phi B. Universität Salzburg.

Susanne Oyrer
Kurt Haim
Wolfgang Aschauer

Pädagogische Hochschule Oberösterreich

Effektive Lehrerfortbildung zur Vermittlung von flex-based learning

Ausgangslage

An der Pädagogischen Hochschule Oberösterreich wurde eine Seminarreihe als LehrerInnenfortbildung entwickelt und im Schuljahr 2018/19 mit 48 Teilnehmenden durchgeführt.

Darin wurde „flex based learning“ zur Förderung der kreativen Problemlösekompetenz an Lehrkräfte der Fächer Chemie und Physik vermittelt.

Die Seminarreihe wurde so gestaltet, dass ein nachhaltiger Praxistransfer der Fortbildungsinhalte stattfinden sollte, indem bei der Gestaltung mehrere Wirkungsebenen (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Lipowski, 2009) berücksichtigt wurden.

Begleitend zur Seminarreihe wurden durch Fragebögen zu vier verschiedenen Messzeitpunkten innerhalb des Unterrichtsjahres drei Auswirkungen der Seminarreihe auf die Lehrkräfte untersucht: die Haltungen und Überzeugungen der teilnehmenden Lehrkräfte und damit die Relevanz der Seminarreihe für die Lehrkräfte (Wirkungsebene 1), die Veränderung im Bewusstsein und Wissen (Wirkungsebene 2) sowie die Veränderung im Verhalten der Lehrkräfte in ihrer Unterrichtspraxis (Wirkungsebene 3).

Dieser Beitrag stellt das Fortbildungskonzept als Praxisbeispiel zur nachhaltigen Gestaltung von LehrerInnenfortbildungen (Lipowski, 2009, 2011; Darling-Hammond & McLaughlin, 1995) vor.

Nachhaltigkeit von Fortbildungen

In der Literatur liegen zahlreiche Beispiele vor, die zeigen, dass LehrerInnenfortbildungen gerade im Bereich des Forschenden Lernens nur unter gewissen Bedingungen erfolgreich sind (Capps, Crawford & Constas, 2012; Darling-Hammond & McLaughlin, 1995). Im Folgenden werden die Wirkungsebenen von Fortbildungen (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006; Lipowski, 2009) und dafür relevante Faktoren zum Gelingen von LehrerInnenfortbildungen erläutert:

In der Wirkungsebene 1(„Relevanz und Überzeugungen“) wird praktischer Nutzen besonders dann empfunden, je mehr praktische Anweisungen es für die Unterrichtspraxis gibt, sodass die Relevanz für die Praxis steigt (Zehetmeier, 2008). Erkennen Lehrkräfte den Nutzen und die Relevanz, bestehen größere Chancen auf Lerneffekte und Veränderungen in den Überzeugungen und im unterrichtlichen Handeln (Lipowski & Rjezak, 2012).

In der Wirkungsebene 2 („Lernzuwachs der Lehrkräfte“) wissen Lehrkräfte, wie man den Seminarinhalt den Lernenden am besten vermittelt (Darling-Hammond & McLaughlin, 1995).

In der Wirkungsebene 3 („Veränderungen im Verhalten der Lehrkräfte in der Unterrichtspraxis“) reflektieren Lehrpersonen ihr unterrichtliches Handeln durch Feedback. Wobei dieses Feedback unbedingt auch von außen kommen soll.

flex-based learning – das Unterrichtskonzept

„flex-based learning“ versteht sich als eine Sammlung von Unterrichtstechniken zur Förderung kreativer Problemlösekompetenz im Chemie- und Physikunterricht. Im Zentrum steht das Trainieren flexibler Denk- und Handlungsweisen, wovon sich auch der Name ableitet (Haim & Weber, 2014)

Kognitiv fordert flex-based learning das Denken mit Perspektivenwechsel, vernetztes und kritisches Denken, memorieren von Fachbegriffen sowie das Denken auf Teilchenebene.

Als handlungsorientierte Unterrichtstechnik werden *flex*-Experimente eingesetzt, in denen Jugendliche für Problemstellungen unterschiedliche Lösungswege selbstständig planen, durchführen und gemeinsam reflektieren. Dabei liegt der Fokus in der Generierung und Umsetzung möglichst unterschiedlicher Lösungsideen.

Die Seminarreihe als LehrerInnenfortbildung

In der Seminarstruktur wurden wesentliche Faktoren für eine erfolgreiche LehrerInnenfortbildung eingearbeitet. So bestand der Lehrgang aus drei Präsenzphasen in denen sowohl konzentrierte Inputs als auch Experimentier-Workshops gehalten wurden. Zwischen den eineinhalbtägigen Präsenzphasen fanden Umsetzungsphasen in den eigenen Klassen statt, in denen die Teilnehmenden ihren eigenen Unterricht mit den neuen Techniken aktiv gestalteten. Abbildung 1 zeigt sowohl die Seminarstruktur als auch Messzeitpunkte (MZP) der Begleitforschung. Für die Umsetzung im eigenen Unterricht wurden den TeilnehmerInnen fertige und sofort verwendbare Unterrichtsmaterialien angeboten. Weiters fand kontinuierliche Betreuung durch Mitglieder des Teams von der PH OÖ statt. Ein Instrument dieser Begleitung waren Skype-Konferenzen, die in Gruppen stattfanden und von Mitgliedern des PH Team moderiert wurden. Gleichzeitig wurden die TeilnehmerInnen des Lehrgangs in kooperative Lerngruppen eingeteilt, in denen sie sich über das ganze Jahr hindurch austauschen konnten. Großer Wert wurde auf verbindliche und angeleitete Selbstreflexionen gelegt, die auch einen Teil der Abschlussarbeit darstellten. Großen Stellenwert hatte auch die Einbindung der TeilnehmerInnen in ein Forschungsprojekt über die divergente Denkleistung von SchülerInnen.

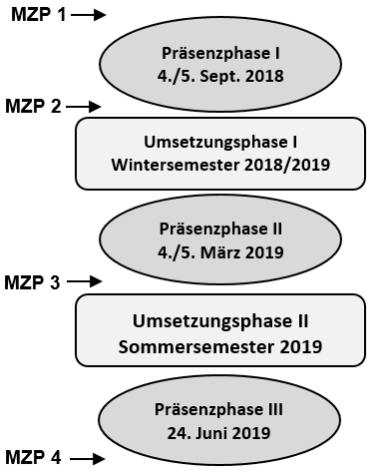


Abb. 1: Struktur der Seminarreihe „flex based learning“ und die Messzeitpunkte (MZP) der Begleitforschung

Ergebnisse der Fragebogenauswertung

Entsprechend den Wirkungsebenen nach Kirkpatrick & Kirkpatrick (2006) und Lipowski (2009) können die Ergebnisse folgendermaßen zusammengefasst werden.

Wirkungsebene 1 - Relevanz und Überzeugungen

6 Items des Fragebogens betreffend die Überzeugungen der Lehrkräfte und die Relevanz für den Unterricht sind intern konsistent (Cronbach´s $\alpha = 0{,}778$). Die Items beinhalten Fragen zur Relevanz von (1) Methoden zur Förderung von divergentem Denken, (2) Problemlösen, (3)

eigenständige Planung von Experimenten, (4) besonders solcher, die verschiedene Lösungen zulassen, (5) Methoden der Differenzierung zwischen Leistungsniveaus und (6) Beurteilung von divergenten Aufgabenstellungen. Der Mittelwert der Items sinkt signifikant ($p < 0,05$) vom ersten bis zum vierten Messzeitpunkt, wobei sich der größte Effekt zwischen Messzeitpunkt 1 und 2 einstellt.
Besonders wichtig ist den Lehrkräften, dass SchülerInnen lernen, Problemstellungen zu bearbeiten, die mehrere Antworten zulassen ($x_1= 3,11 \pm 0,64$; $x_4=3,44 \pm 0,50$) sowie abstrakt auf Teilchenebene zu denken ($x_1= 2,89 \pm 0,69$; $x_4=3,37 \pm 0,56$).

Wirkungsebene 2 - Lernzuwachs:
Der Lernzuwachs wird u.a. durch vier in sich konsistente Fragebatterien abgebildet, die aus 3 bis 7 Items bestehen (Cronbach´s α –Werte von 0,76; 0,86; 0,78; 0,73). Die Mittelwerte der Konstrukte steigen signifikant ($p < 0,05$) zw. ersten und vierten Messzeitpunkt (Werte in den Klammern). Die Items bezogen sich auf die Einschätzung der Lehrkräfte, wie kompetent sie in folgenden Bereichen sind:
- Trainieren von Querdenken, Lösen von experimentellen Problemstellungen, Abstraktionsfähigkeit ($x_1= 2,39 \pm 0,23$; $x_4=2,77 \pm 0,46$).
- Kenntnis von Methoden, um das Denken aus verschiedenen Perspektiven, Problemlösen, Memorieren von Fachbegriffen und das Abstraktionsvermögen der SchülerInnen zu stärken ($x_1= 2,10 \pm 0,39$; $x_4=2,73 \pm 0,62$).
- Kenntnis von Experimenten, die verschiedene Lösungen zulassen; Fähigkeit, SchülerInnen selbst Experimente planen lassen; differenziert für unterschiedliche Leistungsniveaus zu unterrichten ($x_1= 2,12 \pm 0,47$; $x_4=2,95 \pm 0,52$).
- Kenntnisse zur Förderung der Problemlösekompetenz, der Teamarbeit, des kritischen Hinterfragens, vernetzten Denkens, des Generierens von Lösungen, des Abspeicherns von Fachbegriffen, des Abstraktionsvermögens ($x_1= 2,69 \pm 0,4$; $x_4=3,05 \pm 0,37$).

Wirkungsebene 3 - Veränderung der Unterrichtspraxis:
Nach Einschätzung der Lehrkräfte verändern sie ihren Unterricht folgender Maßen (signifikant, $p < 0,05$):
- Nützen von flex-Interventionen zur Förderung des Denkens aus verschiedenen Perspektiven ($x_1= 2,41 \pm 0,63$; $x_4=2,89 \pm 0,64$) und zum Lösen von Problemstellungen ($x_1= 2,33 \pm 0,67$; $x_4=2,51 \pm 0,64$).
- Nützen von Experimenten, die das selbstständige Planen zulassen, und für unterschiedliche Leistungsniveaus geeignet sind ($x_1= 1,94 \pm 0,49$; $x_4=2,36 \pm 0,56$).
- Einsatz von offenen Experimenten ($x_1= 2,67 \pm 0,73$; $x_4=3,07 \pm 0,61$) und Experimenten mit mehreren Lösungen ($x_1= 2,67 \pm 0,73$; $x_4=3,07 \pm 0,61$).
- Fördern des autonomen Handelns der SchülerInnen ($x_1= 2,74 \pm 0,65$; $x_4=3,11 \pm 0,50$).

Diskussion
Die Evaluierung der Seminarreihe konnte zeigen, dass die teilnehmenden Lehrkräfte sowohl die Relevanz der Unterrichtstechniken erkannten, ihr Wissen über Fördermöglichkeiten divergenten Denkens ausbauen konnten, als auch ihren Unterricht nachhaltig veränderten. Damit erwies sich die Struktur der Seminarreihe als sehr effizient, wobei die Autoren Elemente wie (1) den Wechsel zwischen Präsenz- und Umsetzungsphase, (2) das Aushändigen konkreter Unterrichtsmaterialien, (3) die kontinuierliche Betreuung über ein gesamtes Schuljahr, (4) die Reflexion des Unterrichts über angeleitete Fragebögen, (5) das Arbeiten in kooperativen Lerngemeinschaften und (6) die Einbindung in ein Forschungsprojekt zur Erhebung der divergenten Denkfähigkeit der SchülerInnen als sehr bedeutsam erachten. Diese Struktur kann als prototypisches Beispiel für eine gelungene Fortbildung gesehen werden.

Literatur

Berghamer, A. & Meraner, R. (2012). Wirksamkeit der LehrerInnenfortbildung. Erziehung und Unterricht, 7, 610-619

Birgmayer, R. (2011). Eine praxisnahe Einführung in Bildungscontrolling. Das Modell von Kirkpatrick und seine Erweiterung durch Phillips und Kellner. Magazin erwachsenenbildung.at, 12, 06.1-06.9

Blömeke, S. (2004). Empirische Befunde zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki, & J. Wildt (Hrsg.), Handbuch Lehrerbildung (S. 59-81). Bad Heilbrunn: Klinkhard/Westermann

Capps, D.K., Crawford B.A., & Constas, M.A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findingsJournal of Science Teacher Education.23, 291-318

Darling-Hammond, L. & McLaughlin, M.W. (1995). Policies that Support Professional Development in an Era of Reform. Phi Delta Kappan, 1995, 76(8) pp 597–604

Fretchling, J.A., Sharp, L., Carey, N., & Vanden-Kiemann Westat, N. (1995). Teacher enhancement programs: A perspective on the last four decades. Washington, DC: National Science Foundation. In: Capps, D.K., Crawford B.A., & Constas, M.A. (2012). Journal of Science Teacher Education.23, 291-318

Haim, K., Weber, C.(2014). Klex – Eine Experimentiertechnik zur Förderung kreativer Problemlösekompetenzen im NAWI-Unterricht. In: E. Feyrer, K. Hirschenhauser, K. Soukup-Altrichter (Hrsg.), Last oder Lust? Forschung und Lehrer_innenbildung. (S.205-217). Münster: Waxmann

Kirkpatrick, D. & Kirkpatrick, J. (2006). Evaluating training programs: The four levels. San Francisco, CA: Berret Koehler

Lipowski, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerbildung 27, (3), 346-360

Lipowski, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In: H.F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung. (S. 51-72). Münster: Waxmann

Lipowski, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In: E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 398-417). Münster: Waxmann

Lipowski, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. Schulpädagogik heute 5(3), 1-17

Vigerske, S. (2017). Transfer von Lehrerfortbildungsinhalten in die Praxis. Eine empirische Untersuchung zur Transferqualität und zu Einflussfaktoren. Wiesbaden: Springer Fachmedien

Zehetmeier, (2008). Zur Nachhaltigkeit von Lehrer/innenfortbildung. Dissertation. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Carola Nieß TU Kaiserslautern
Gabriele Hornung

Einflussfaktoren für die unterrichtliche Einbindung digitaler Medien: Was bewegt Lehrkräfte dazu, digitale Medien in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubinden?

Einleitung

Die Kultusministerkonferenz (2016) fordert Lehrkräfte in ihrem Strategiepapier zur Bildung in einer digitalen Welt verbindlich dazu auf, digitale Medien im Fachunterricht einzusetzen und die Medienkompetenz von Schüler*innen parallel zur Vermittlung der curricular vorgesehenen Fachinhalte zu fördern. Umfragen zeigen jedoch, dass sich Lehrkräfte nicht genügend auf einen digital unterstützten Fachunterricht vorbereitet fühlen und Unterstützungsangebote einfordern (z.B. TNS Emnid, 2016). Gleichzeitig äußern deutsche Lehrkräfte im internationalen Vergleich höhere Bedenken und eine geringere Bereitschaft hinsichtlich des Medieneinsatzes an Schulen (vgl. Brüggemann, 2013). In einem ersten Schritt ist es somit erforderlich, herauszufinden, welche Faktoren die Bereitschaft der Lehrkräfte beeinflussen. Aufbauend kann in einem zweiten Schritt den Lehrkräften die erforderliche Unterstützung, beispielsweise über Fortbildungsmaßnahmen, angeboten werden.

Das theoretische Rahmenmodell zur Identifizierung von Einflussfaktoren bildet das Verhaltensmodell der Theory of Planned Behavior (Ajzen, 2010):

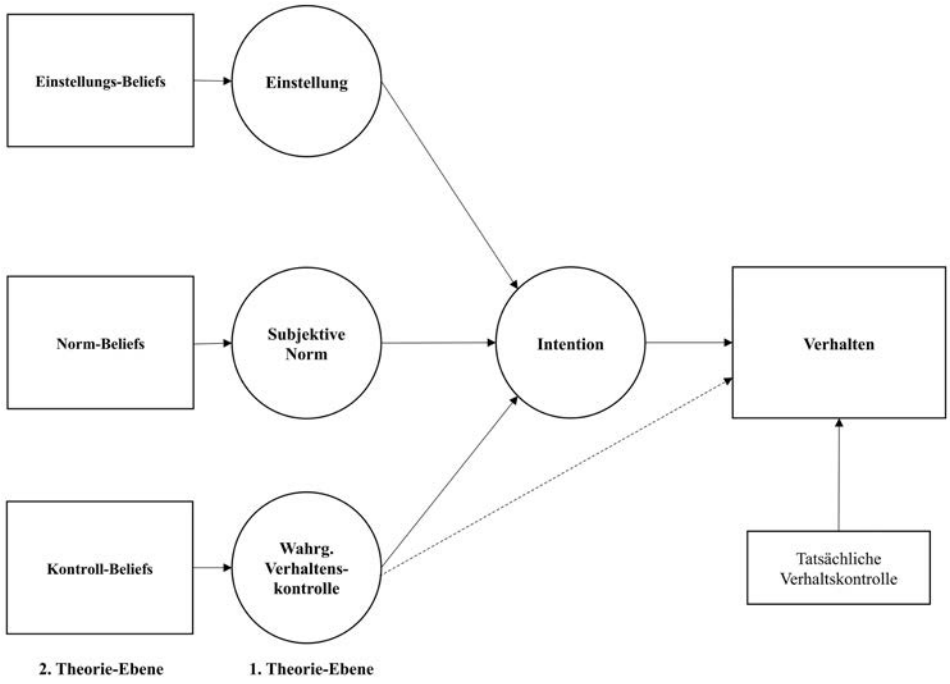


Abb.1: Strukturmodell der Theorie des geplanten Verhaltens (TPB).

Im Rahmen einer daran angelegten Querschnittstudie (nachfolgend TPB-Querschnittstudie genannt) wurden Ursachen für den Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht erhoben und für die Identifikation von entscheidenden Prädiktoren genutzt.

Methodik
Im Rahmen der TPB-Querschnittstudie wurden Daten von Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie, Physik) an verschiedenen Schulen aus Rheinland-Pfalz im Zeitraum von Oktober 2018 bis Januar 2019 erhoben. Die Stichprobe umfasst N=127 praktizierende Lehrkräfte der Fächer Chemie, Biologie und Physik (davon 56.8 % weiblich und 43.2 % männlich) mit einem Durchschnittsalter von 40.1 Jahren. Das Rahmenmodell wurde durch Anpassung von vorhandenen Items aus Vorarbeiten (Hornung et al. 2017) auf die untersuchte Verhaltensweise (unterrichtliche Einbindung digitaler Medien) operationalisiert. Die Zustimmung zu den Items der latenten Konstrukte wurde über eine 7-stufigen Likert-Skala erfasst.

Ergebnisse
Die Auswertung der TPB-Querschnittstudie erfolgte über latente Strukturgleichungsmodellierung mit einem robusten Maximum Likelihood Schätzer (MLMV). Hierbei wurden zunächst die latenten Konstrukte des Messmodells mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse (CFA) hinsichtlich ihrer Konstruktvalidität und Reliabilität überprüft und anschließend die Einflüsse der einzelnen latenten Konstrukte durch Kausalanalyse des Strukturmodells (SEM) analysiert.

Die CFA ergab durchgängig hohe Faktorladungen (>0.75) für die latenten Konstrukte. Die Messmodellpassung wird bei einem nicht-signifikanten Chi² sowie einem CFI = 0.969 insgesamt als gut bewertet. Die interne Konsistenz ist mit Cronbach's-Alpha-Werten <0.8 ebenfalls gegeben.

Das Ergebnis der Kausalanalyse mittels Strukturgleichungsmodellierung (SEM) ist in Abbildung 2 dargestellt. Es konnte ein signifikant positiver Einfluss der Einstellung zur Einbindung digitaler Medien in den Unterricht auf die Intention, dies tatsächlich im Unterricht umzusetzen, festgestellt werden (.312, p = 0.004). Noch deutlicher zeigte sich dieser Einfluss bei der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle (.457, p = 0.000). Für die subjektive Norm konnte hingegen kein signifikanter Einfluss auf die Intention zum Einsatz digitaler Medien festgestellt werden.

Auf zweiter Theorieebene wurde anschließend untersucht, welche Beliefs die Ausprägung der beiden einflussnehmenden Determinanten (Einstellung und wahrgenommene Verhaltenskontrolle) konkret beeinflussen. Für das latente Konstrukt der Einstellung konnten dabei vier Beliefs identifiziert werden, die einen positiven Einfluss aufweisen:

- Bewahrung der Handschrift (.233**): Die Überzeugung, dass die häufige Verwendung digitaler Medien nicht zum Verlust der Handschrift führt.
- Höherer Lernerfolg (.232**): Die Überzeugung, dass durch den Einsatz digitaler Medien einen höheren Lernerfolg bei den Schüler*innen erzielt werden kann.
- Visualisierung auf Teilchenebene (.215*): Die Überzeugung, dass Inhalte auf Teilchenebene mit digitalen Medien besser visualisiert werden können, als mit herkömmlichen Medien
- Visualisierung dynamischer Prozesse (.158*): Die Überzeugung, dass dynamische Prozesse mit digitalen Medien besser visualisiert werden können, als mit herkömmlichen Medien

Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle wird von folgenden Beliefs beeinflusst:

- Technische Infrastruktur der Schule (.442***): Die Überzeugung, dass die eigene Schule ausreichende Infrastruktur für den Einsatz digitaler Medien besitzt
- Geringe Vorbereitungszeit (.242***): Die Überzeugung, dass der Einsatz digitaler Medien im Unterricht keine lange Vorbereitungszeit mit sich bringt.

Neben den genannten Prädiktorvariablen der TPB, konnte bei der Befragung im Rahmen der Querschnittsstudie auch ein signifikant positiver Einfluss (.161*) von in der Vergangenheit besuchter Fortbildungen zum Thema digitale Medien im Unterricht auf die Verhaltensintention identifiziert werden.

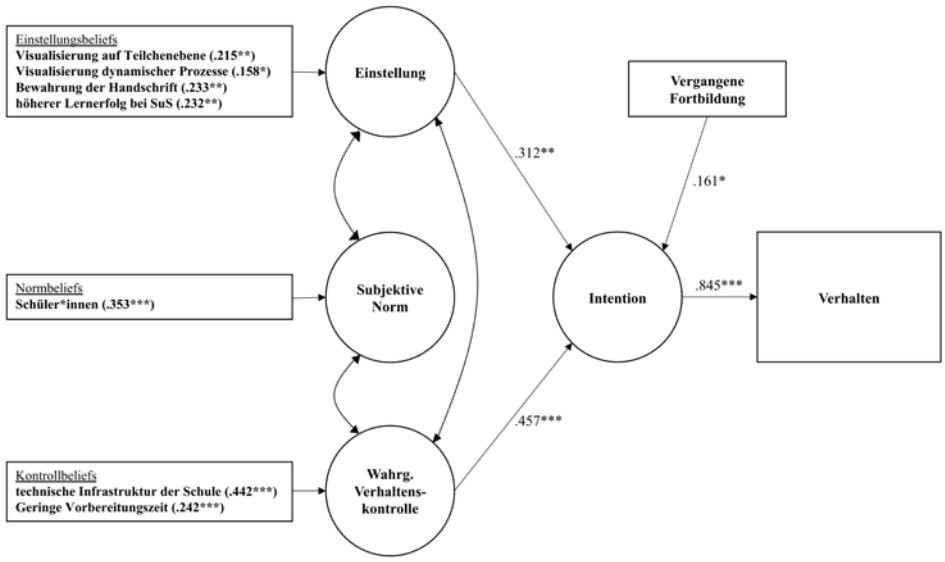


*Abb. 2: Aus der Querschnittstudie resultierendes Strukturmodell. Dargestellt sind ausschließlich signifikante Pfade des Strukturmodells. Komponenten des Messmodells (Faktorladungen zu den manifesten Indikatoren der drei Konstrukte) sind zu Gunsten einer besseren Übersicht nicht dargestellt. *p=<0.05, **p=<0.01, ***p=<0.001.*

Fazit und Ausblick

Das aus der TPB-Querschnittstudie hervorgehende Kausalmodell liefert wichtige Informationen über das Verhaltensmuster von Lehrkräften und dessen Ursachen. Auf Grundlage der identifizierten verhaltensbestimmenden Einflussfaktoren können Ansatzpunkte definiert werden, die gezielt in Fortbildungen einfließen sollten, um die Bereitschaft zur Einbindung digitaler Medien zu erhöhen. So sollte eine Fortbildung zur „Einbindung digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht“ sowohl die Einstellung als auch die wahrgenommene Verhaltenskontrolle der teilnehmenden Lehrkräfte gegenüber der unterrichtlichen Einbindung digitaler Medien positiv verändern oder verstärken. Somit kann auch die Intention und letztendlich das positive Verhalten gegenüber der „Einbindung digitaler Medien im Unterricht beeinflusst werden. Konkrete Ansatzpunkte für die gezielte Veränderung oder Verstärkung der beiden Determinanten sind die zugrundeliegenden Beliefs, die sich signifikant auf deren Ausprägung auswirken.

Literatur

Ajzen (2010). Predicting and Changing Behavior. The Reasoned Action Approach. New York: Psychology Press.

Brüggemann, M. (2013). Digitale Medien im Schulalltag. Eine qualitativ rekonstruktive Studie zum Medienhandeln und berufsbezogenen Orientierungen von Lehrkräften. München: kopaed.

Hornung, G., Thyssen, C., Mayerl, J., Andersen, H. (2017). Auswirkung universitärer Ausbildung auf das Experimentierverhalten von Chemie-und BiologieReferendarinnen und Referendaren. In C. Maurer (Hrsg.). Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 360–364). Universität Regensburg.

KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Berlin: KMK. Online verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf. Zuletzt geprüft am 07.10.2019.

TNS Emnid (2016). ZukunftsMonitor III. „Lehren, Lernen und Leben in der digitalen Welt“. Verfügbar unter: https://www.zukunft-verstehen.de/application/files/7814/7636/3024/BMBF_ZF_III_ZukunftsMonitor_Ergebnisse.pdf. Zuletzt geprüft am 07.10.2019.

Christian L. Salinga RWTH Aachen
Josef Riese
Heidrun Heinke

Hochschul-Schul-Kooperationen für die Lehrerbildung und -unterstützung

An der RWTH Aachen wird sowohl in regulären Veranstaltungen der Lehramtsstudiengänge Physik als auch darüber hinaus eine Vernetzung aller Beteiligten und beteiligten Institutionen in der Aus- und Weiterbildung von Physik-Lehrkräften praktiziert. Neben Schulkooperationen, die Studierenden bspw. den Einsatz ihrer in Lehr-Lern-Seminaren oder Abschlussarbeiten entwickelten Materialien in der Schulpraxis ermöglichen, kommen einmal im Jahr die Referendare von drei Seminarstandorten an zwei regulären Fachseminarterminen an die RWTH Aachen: Studierende des Lehramts Physik präsentieren dort ihre in einem fakultativen Seminar erarbeiteten Experimente für die Sekundarstufe II und führen diese gemeinsam mit den Referendaren vor Ort durch. Im Rahmen jährlicher Strahlenschutzausbildungen experimentieren einige Dutzend Lehrkräfte aus dem Regierungsbezirk Köln an Versuchen zu den Themen Radioaktivität und Röntgenstrahlung und werden darüber hinaus über Unterstützungsangebote zum Experimentieren im Schülerlabor Physik oder mit in Aachen entwickelten Lernzirkeln bzw. der App phyphox oder über Fortbildungen zu Arduino-gestützten Experimenten informiert. Weitere Angebote sind mit dem Schülerlabor Physik verknüpft.

Im Folgenden werden einzelne Projekte der Hochschul-Schul-Kooperationen an der RWTH Aachen vorgestellt.

Lehr-Lern-Seminar
Inhaltlich werden in dem im Masterstudium verankerten Pflicht-Seminar Schülervorstellungen zu ausgewählten Gebieten der Physik adressiert. Die Studierenden erproben in dem Seminar eigenständig den Einsatz von experimentellen Lernzirkeln für Schülergruppen im Regelunterricht. Diese Lernzirkel werden auf Grundlage bereits evaluierter Lernzirkel von den Studierenden in Kleingruppen von bis zu 5 Studierenden im Rahmen des Lehr-Lern-Seminars entwickelt bzw. modifiziert. Die Kooperation mit der Fachkonferenz Physik eines Gymnasiums in örtlicher Nähe zur Universität erleichtert dieses seit einigen Jahren praktizierte Format. Durch Audioaufzeichnungen der Unterrichtseinheiten per Smartpen können die Studierenden sowohl den Einsatz der selbst erstellten Arbeitsblätter und Experimente als auch das eigene Handeln in diesen Unterrichtssituationen miteinander und individuell reflektieren. Hierdurch erhalten sie die Gelegenheit, frühzeitig ihre Fähigkeiten im Umgang mit Schülerinnen und Schülern allgemein sowie im Umgang mit konkreten themenspezifischen Schülervorstellungen exemplarisch in jeweils einer Doppelstunde des regulären Unterrichts zu trainieren (Joswig, 2018). Darüber hinaus erhalten die Studierenden über Feedbackbögen detaillierte Rückmeldungen von der Lehrkraft der jeweiligen Klasse und der Dozentin des Seminars.

Ausleihbare Lernzirkel
Die im Lehr-Lern-Seminar als Grundlage genutzten experimentellen Lernzirkel bilden auch den Kern des Formats der „Lernzirkel To Go“. Diese Lernzirkel werden an der RWTH Aachen unter intensiver Einbindung von Lehramtsstudierenden in Abschlussarbeiten und Seminaren entwickelt und dann auch für den praktischen Einsatz bereitgestellt. Die Lernzirkel-Entwicklung erfolgt unter Berücksichtigung der speziellen Voraussetzungen in der Region, die in Zusammenarbeit von Studierenden mit Physik-Lehrkräften in deren Klassen erhoben werden. Nach der Entwicklung der Lernzirkel an der Hochschule werden diese wiederum in Zusammenarbeit mit Lehrkräften aus der Region im Unterricht erprobt, aufgrund dieser Erfahrungen

optimiert und abschließend zum Verleih angeboten. Die Lernzirkel sind über die sog. Bildungszugabe der Städteregion Aachen für Schulen in der Städteregion inklusive Lieferung und Abholung seitens der Hochschule kostenfrei zu entleihen. Die Lernzirkel thematisieren jeweils weitverbreitete Präkonzepte aus einem ausgewählten Bereich der Physik. Die den Lernzirkel ordernde und nutzende Lehrkraft erhält eine einmalige Einweisung in das Lernmaterial an der RWTH Aachen und kann es danach, meist einmal im Jahr, ohne großen Aufwand ausleihen. Aktuell verfügbar sind Lernzirkel zu den Themen „geometrische Optik im Kontext *camera obscura*" und „elektrischer Strom im Kontext *Handy*". In der Entwicklung befindet sich ein weiterer Lernzirkel zum Thema „Kraft im Kontext *Spielzeug*". Mit dem Konzept dieses Kooperationsprojektes wird die Wechselwirkung zwischen der RWTH Aachen als lehrerausbildender Hochschule und den Lehrkräften der Region unter enger Einbindung von Lehramtsstudierenden nachhaltig intensiviert und das fachdidaktische Thema der Schülerpräkonzepte im Schulalltag platziert (Salinga, 2016).

Schülerlabor SCIphyLAB

An der RWTH Aachen existiert ein Schülerlabor Physik, das den Namen SCIphyLAB trägt und verschiedene Formate anbietet, die Klassen und Kursen, aber auch Kleingruppen besonders interessierter Schülerinnen und Schüler offen stehen.

- SCIphyLAB_campus: Zumeist Klassen ab der Jahrgangsstufe 7 oder Oberstufenkurse in Physik, aber auch in Biologie verbringen einen Tag im Schülerlabor auf dem Campus Melaten. Nach einer kurzen Einführung zum Schülerlabor, zur RWTH Aachen und den dort angebotenen Studienmöglichkeiten experimentieren Kleingruppen von maximal drei Personen an Experimenten zu unterschiedlichen Themengebieten (Röntgenstrahlung, geometrische Optik, Hallsonde, Atmung, radioaktive Strahlung, optische Spektroskopie, Bestimmung des Erdmagnetfeldes, Schall, EKG, Blutkreislauf, Photoeffekt,…). Dabei werden sie von Studierenden des Lehramts Physik unterstützt und können sich mit diesen auch informell über das Studium und die Zeit nach dem Abitur austauschen. Optional ist ein geführter Rundgang über den Campus. Die Themen- und Terminwahl durch die Lehrkräfte orientiert sich dabei an deren individueller Unterrichtsplanung.
- SCIphyLAB_nano: Aus dem Forschungsvorhaben des DFG-Sonderforschungsbereiches 917 Nanoswitches, das sich mit der Entwicklung neuartiger Materialien für kleinste Datenspeichereinheiten – den sogenannten Nanoswitches – beschäftigt, wurde der Themenbereich der Phasenwechselmaterialien für die Vermittlung im Schülerlabor ausgewählt und für Schülerinnen und Schüler ab Jahrgangsstufe 7 aufbereitet. Neben der Vorstellung des Sonderforschungsbereiches und des Hochschulstandortes erhalten die Schülerinnen und Schüler vor allem vielfältige Experimentiermöglichkeiten in kleinen Gruppen von zwei bis drei Personen, wobei bis zu vier Gruppen von einem Studierenden betreut werden. Die Programmdauer liegt, abhängig von den Rahmenbedingungen, zwischen 4 und 7 Stunden (Leiß, 2015).
- SCIphyLAB_FLEx: FLEx ist eine Plattform des Schülerlabors für das „Fördern und Lernen des Experimentierens" im Unterricht. Ihr Angebot von vielfältigen Arbeitsmaterialien für Lehrkräfte, mit denen das Experimentieren im Unterricht fachlich und methodisch gefördert werden kann, untergliedert sich in verschiedene Bereich. So bildet der Bereich FLexKom („Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen") den Ausgangspunkt verschiedener Unterrichtsmaterialien zu experimentellen Kompetenzen. Ziel von FLexKom ist es, methodische Kompetenzen explizit in den Unterricht zu integrieren und damit wichtige neue Erkenntnisse vermitteln zu können. Hierbei können unterschiedliche Module individuell zusammengestellt werden und so eine Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten abdecken. Die Module umfassen jeweils Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler sowie eine Lehrerhandreichung, die von den Lehrkräften auf der Webseite des Schülerlabors (www.sciphylab.de) als *open educational resources* heruntergeladen und den spezifischen Bedürfnissen

entsprechend modifiziert werden können. Der Bereich FLExSmart hingegen konzentriert sich auf die Einsatzmöglichkeiten von Smartphones im Unterricht. In enger Zusammenarbeit mit den Entwicklern der App phyphox werden Smartphones als Mess- und Experimentierwerkzeug für den Unterricht nutzbar gemacht. In diesem Bereich stehen zudem Ressourcen zur Verwendung von Mikrocontrollern und Sensoren in Schülerexperimenten zur Verfügung. Regelmäßig und auf Anfrage werden Fortbildungen zu den verschiedenen Bereichen angeboten, die sowohl an der RWTH Aachen als auch an Schulen und darüber hinaus stattfinden.

Zusammenarbeit mit der zweiten Ausbildungsphase

Aus den in einem fakultativen Seminar von Studierenden des Lehramtes Physik erarbeiteten Ergebnissen zu den obligatorischen Schlüsselexperimenten für Physik-Kurse der Sekundarstufe II in NRW (Schulentwicklung, 2018) wird einmal jährlich in Zusammenarbeit mit den Fachseminarleitungen der drei umliegenden Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung (Aachen, Jülich, Düren) ein Workshop geplant, der an zwei aufeinander folgenden Terminen stattfindet. Diese Termine sind dabei offizielle Termine des Fachseminars, sodass alle Referendare der Region daran teilnehmen. Inhaltlich mit vorbereitet wird die Veranstaltung für die Referendare von Studierenden, die sich in der Regel im Masterstudium noch vor dem eigenen Praxissemester befinden. Die Seminarteilnehmer erarbeiten dabei in kleinen Gruppen von zwei Studierenden unter Anleitung der Seminarleitung die Vorstellung von ein bis zwei Experimenten des vorgeschriebenen Kanons und präsentieren diese sowohl in den Seminarsitzungen im Verlauf des Semesters als auch in kompakter Form im Rahmen der Veranstaltung für die Referendare. Die Inhalte dieser beiden Veranstaltungstermine betreffen sowohl die theoretischen Hintergründe als auch die experimentelle Umsetzung der Versuche. Dies wird sowohl von den Fachseminarleitungen als auch von den Referendaren selbst als sehr positiv hervorgehoben. Alle Beteiligten schätzen die Möglichkeit, dass man sich in informellem Rahmen kennenlernen kann, auch im Hinblick auf das Praxissemester, bei dem die Studierenden sowohl von Seiten der Fachseminarleitungen als auch von Seiten der Universität betreut werden. Ein ausführliches Handout zu den präsentierten Experimenten rundet dieses Angebot ab.

Strahlenschutz(erst)ausbildung

Bis zu 96 Lehrkräfte aus dem Regierungsbezirk Köln nehmen einmal jährlich an einer verpflichtenden zweitägigen Strahlenschutzausbildung teil; entweder als Erstausbildung oder zur spätestens alle fünf Jahre fälligen Auffrischung. Während der erste Fortbildungstag die theoretischen und rechtlichen Grundlagen sowie die zugehörige Prüfung seitens der Bezirksregierung umfasst, können die Lehrkräfte am zweiten Tag, betreut durch Mitarbeiter der Hochschule, die Versuchsapparaturen zu den beiden Themenfeldern Röntgenstrahlung und Absorption von β-Strahlung nutzen, welche auch im Rahmen des SCIphyLAB_campus für Schulklassen und -kurse eingesetzt werden. Sie lernen dabei die Handreichungen kennen, welche den Lehrkräften im Vorfeld des Besuches mit den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung stehen und experimentieren auch anhand der Versuchsanleitungen, die speziell für Schülerinnen und Schüler erarbeitet worden sind. Darüber hinaus wird der Fortbildungstag genutzt, um die Lehrkräfte über verschiedene fachdidaktische Forschungsprojekte mit Schulbezug zu informieren sowie andere Angebote des Schülerlabors Physik oder weitere Outreach-Aktivitäten der Fachgruppe Physik der RTWH Aachen vorzustellen.

Fazit

An der RWTH Aachen wird eine Vielfalt von Kooperationsformaten zwischen der Hochschule, den Fachseminaren an den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung sowie den Schulen aus der Region praktiziert, von denen alle beteiligten Personen profitieren.

Literatur

Joswig, A. & Riese, J. (2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017, 707-710

Leiß, F., Detemple, R., Salinga, M., & Heinke, H. (2015). Nanoswitches – kleine Schalter, große Zukunft? In: Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule 3/64, 2015, 29-32

Kaus, C., Salinga, C., Borowski, A., Heinke, H. (2012): Fehlvorstellungen zur Optik entgegenwirken, In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 65/7, 401-407

Salinga, Christian L. & Heinke, Heidrun (2016). Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis Lernzirkel to go. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015, 65-67

Schulentwicklung, 2018: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/hinweise-und-beispiele/se2.html

Novid Ghassemi
Julia-Josefine Milster
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Professionelle Kompetenzen von Q-Masterstudierenden im Fach Physik

Ausgangslage

Bundesweit besteht eine Lücke zwischen Lehrereinstellungsbedarf und neu ausgebildeten Lehrkräften in vielen Fächern. Unter anderem wird für die Fächer Physik und Chemie auch für die kommenden Jahre ein hoher Bedarf prognostiziert (KMK, 2011). Als Reaktion hierauf hat die Kultusministerkonferenz „Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtversorgung“ beschlossen (KMK, 2013). Der Beschluss bildet die Grundlage zur Einstellung von Quereinsteiger*innen in den deutschen Schuldienst. Für nahezu alle Schulformen und in allen Bundesländern werden Quereinsteiger*innen zur Deckung des Bedarfs an Lehrkräften eingestellt (Korneck, Lamprecht, Wodzinski & Schecker, 2010). Auch über die bildungswissenschaftliche Gemeinschaft hinaus wird der Quereinstieg in das Lehramt kritisch diskutiert. Insbesondere das Spannungsverhältnis zwischen dem Wunsch nach Abdeckung des Unterrichtsbedarfs und der Qualität des durch Quereinsteiger*innen erteilten Unterrichts ist Gegenstand des Diskurses (Korneck, 2020).

Bei Lehrkräften, welche nicht durch ein auf das Lehramt ausgelegtes Studium qualifiziert wurden, kann nicht uneingeschränkt von einer adäquaten Ausprägung professioneller Handlungskompetenzen ausgegangen werden (Lamprecht, 2011; Oettinghaus, 2016; Kleickmann & Anders, 2011). Geringere Leistungen und Lernfortschritte der Schüler*innen können Folge dessen sein (Darling-Hammond, Holtzman, Gatlin & Heilig, 2005; Kleickmann et al., 2013). Defizite im Professionswissen können im Referendariat nicht aufgeholt werden (Korneck et al., 2010). Auch hat Berufserfahrung allein keinen signifikanten Einfluss auf das Professionswissen (Brunner et al., 2006; Kleickmann et al., 2013).

Allerdings verfügen Quereinsteiger*innen über günstige motivationale und kognitive Voraussetzungen zur Entwicklung professioneller Kompetenzen (Melzer, Pospiech & Gehrmann, 2014; Oettinghaus, 2016; Lamprecht, 2011). Für das Fach Physik werden – wie auch für anderen Fächer – systematische, adressatengerechte Qualifizierungsmaßnahmen als erforderlich angesehen, um eine angemessene Qualität des erteilten Unterrichtes zu gewährleisten (GFD, 2018). Inwieweit ebensolche Maßnahmen den vorgesehenen Zweck erfüllen, ist noch nicht abschließend geklärt (Melzer et al., 2014; Milster & Nordmeier, 2018).

Das Projekt „Qualifizierung von Quereinsteiger*innen im Master of Education“

Eine spezifische Qualifizierungsmaßnahme stellt der im Wintersemester 2016/17 im Fach Physik (sowie in den Fächern Mathematik, Informatik und den romanischen Sprachen) im Land Berlin an der Freien Universität gestartete *Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg* (Q-Master) dar[1]. Ziel des neuen Studiengangs ist es, „die Quereinsteiger*innen innerhalb eines viersemestrigen Master of Education KMK-konform […] für den anschließenden Vorbereitungsdienst zu qualifizieren“ (Milster & Nordmeier, 2018)[2]. Die Qualifikationsziele des Modellstudiengangs sind dabei identisch mit jenen des *Masterstudiengangs für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien* („regulärer“ Lehramtsmaster).

---

[1] Die Konzeption und Erprobung des Q-Masters ist Teil des Projekts **K2teach** (http://www.fu-berlin.de/k2teach), das im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird.

[2] Gemeint sind die Standards für die Lehrkräftebildung sowie die Fachprofile der KMK (2004, 2008).

Bei der Konzeption des Q-Master-Studiengangs wurden sowohl Perspektiven und Vorgaben der Berliner Senatsverwaltung sowie die Standards für die Lehrkräftebildung als auch aktuelle Erkenntnisse der Lehrkräftebildungsforschung berücksichtigt (Milster & Nordmeier, 2016). Das resultierende Curriculum umfasst fachwissenschaftliche Module für ein Schulfach, fachdidaktische Module zweier Fächer, erziehungswissenschaftliche Module und ein Praxissemester (Freie Universität Berlin, 2019).
Im Wintersemester 2016/17 startete der Modellstudiengang und im Wintersemester 2019/20 nahm bereits die vierte Studienkohorte ihr Studium auf. Die Nachfrage nach dem Q-Master bleibt in den MINT-Fächern konstant.

Forschungsfragen
Die mit der Einrichtung des Q-Masters an der Freien Universität Berlin verbunden Ziele, gelten auch für den regulären Lehramtsmaster. Ziel der Begleitforschung ist es, zu untersuchen, inwieweit das Erreichen dieser Ziele für beide Masterstudiengänge gelingt. Exemplarisch wird im Projekt auf das Fach Physik fokussiert und die primäre Forschungsfrage lautet somit:

1. *Wird mit den Lehramtsmasterstudiengängen der Physik an der Freien Universität Berlin eine Qualifikation erreicht, welche adäquat auf die Anforderungen des Referendariats und Berufs vorbereitet?*

Das Lehramtsstudium zielt unter anderem auf den Erwerb von Fachwissen (FW) und fachdidaktischem Wissen (FDW) ab (KMK, 2008). Beide Fachwissenskomponenten gelten als wichtige Prädiktoren für die Qualität von Unterricht (Kunter et al., 2011; Vogelsang, 2014). Es konnte wiederholt gezeigt werden, dass FW und FDW insbesondere durch das Nutzen institutioneller Lerngelegenheiten, wie sie im Zuge der universitären Phase der Lehrkräftebildung vorgesehen sind, erworben werden (Blömeke, 2008; Riese & Reinhold, 2012). Auch Überzeugungen zum Lehren und Lernen im Fach können positive Prädiktoren für die Unterrichtsqualität sein (Korneck, Krüger & Szogs, 2017). Quereinsteiger*innen und Lehramtsamtsabsolvent*innen scheinen sich hinsichtlich einiger Aspekte des Konstrukts zu unterscheiden (Lamprecht, 2011). Darüber hinaus ist die Berufswahl von Quereinsteiger*innen häufiger strukturell motiviert als Lehramtsabsolventen*innen (ebd.), woraus Annahmen über Unterschiede hinsichtlich der Berufszufriedenheit, der Verweildauer im Beruf und der Fortentwicklung professioneller Kompetenzen abgeleitet werden können (Watt et al., 2012). Eine Erfassung von Facetten von FW, FDW sowie Überzeugungen und Berufswahlmotiven sollte daher Hinweise auf den Stand, die Entwicklung und die Unterschiede der Qualifikation von Lehramtsstudierenden geben. Auch sollten sich so Möglichkeiten zur Deutung etwaiger Befunde ergeben. Die Forschungsfrage wird dementsprechend konkretisiert:

2. *Inwiefern gibt es Unterschiede zwischen Q-Masterstudierenden und „regulären" Lehramtsmasterstudierenden des Fachs Physik hinsichtlich der Ausprägung und Entwicklung von fachdidaktischem Wissen, Fachwissen, Überzeugungen (zum Lehren und Lernen im Fach) und Berufswahlmotiven?*

Auch über die Berufsbiografien von Q-Masterstudierenden ist wenig bekannt. Informationen hierzu könnten dabei helfen, die professionelle Entwicklung während und nach dem Masterstudium zu interpretieren. Die dritte Forschungsfrage lautet daher:

3. *Welche Berufsbiografien weisen die Lehramtsmasterstudierenden auf und wie entwickeln sich diese während und nach Abschluss des Studiums fort?*

Erhebungsdesign und Operationalisierungen

Die relevanten Konstrukte sollen in ihrer Ausprägung und Entwicklung während und nach dem Masterstudium erfasst werden. Aufgrund der verhältnismäßig kleinen Kohorten (weniger als zehn Q-Masterstudierende im Fach Physik pro Jahrgang seit 2016) und der spärlichen Forschungslage werden quantitative Methoden durch Leitfadeninterviews ergänzt (Abb. 1). Für die quantitativen Anteile der Erhebung wird auf bereits etablierte Instrumente zurückgegriffen (Riese, 2009; Lamprecht, 2011; Watt et al., 2012; Korneck et al., 2017). Einheitliche Fragebögen und Interviewleitfäden zu Berufswahlmotiven und Berufsbiografien sollen in allen Q-Master-Fächern zum Einsatz kommen. Hieraus sollen auch Hypothesen gebildet werden bezüglich der Übertragbarkeit der Erkenntnisse aus der Physik auf weitere Fächer.

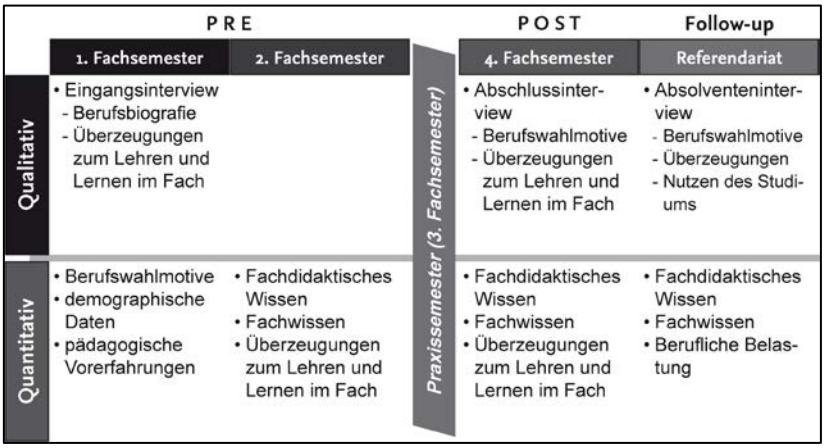


Abb. 1: Erhebungsdesign des Projekts

Erste Ergebnisse und Ausblick

Für die erste Kohorte (n = 16, davon 3 Q-Masterstudierende) liegen bereits erste Ergebnisse hinsichtlich der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens vor. Im Pre-Post-Vergleich zeigt sich ein signifikanter Zuwachs (d=.58[3]) der Fachwissenskomponente. Für die Anwendung weiterer Auswertungsverfahren und teilgruppenspezifische Aussagen wird die Akkumulation der Daten über mehrere Jahrgänge abgewartet. Zudem werden zur Zeit Interviewleitfäden zu den Themen Berufsbiografie, Studienwahlmotive und Überzeugungen zum Lehren und Lernen im Fach entwickelt.

Literatur

Blömeke, S. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung, Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 521–544.

[3] Dies entspricht einem mittleren Effekt; abhängiger t-Test mit n = 16 und $p < .05$.

Darling-Hammond, L., Holtzman, D.J., Gatlin, S.J. & Heilig, J.V. (2005). Does Teacher Preparation Matter? Evidence about Teacher Certification, Teach for America, and Teacher Effectiveness. Education Policy Analysis Archives, 13(42).

Freie Universität Berlin (2019). Zugangssatzung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt. https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2019/ab162019.pdf.

GFD (2018). Ergänzende Wege der Professionalisierung von Lehrkräften. Positionspapier der GFD zur Problematik des Quer- und Seiteneinstiegs. http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2015/09/PP-20-Positionspapier-der-GFD-2018-Erg%C3%A4nzende-Wege-der-Professionalisierung-von-Lehrkr%C3%A4ften.pdf (11.10.2019).

Kleickmann, T. & Anders, Y. (2011). Lernen an der Universität. In Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 305–315). Münster: Waxmann.

Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge. Journal of Teacher Education, 64(1), 90–106.

KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

KMK (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008.

KMK (2011). Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland. Modellrechnung 2010 - 2020. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.06.2011.

KMK (2013). Gestaltung von Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2013.

Korneck, F. (2020). Sondermaßnahmen vs. nachhaltige Professionalisierung im Lehrerberuf. In Porsch, R. & Rösken-Winter, B. (Hrsg.), Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht. Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte (S. 49–77). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Springer Spektrum.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (Band 200) (S. 113–133). Berlin: Logos Verlag Berlin.

Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R. & Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik. Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV, Münster: Waxmann.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege Und Komponenten Professioneller Handlungskompetenz. Vergleich Von Quereinsteigern Mit Lehramtsabsolventen Für Gymnasien Im Fach Physik, Berlin: Logos Verlag Berlin.

Melzer, W., Pospiech, G. & Gehrmann, A. (2014). QUER – Qualifikationsprogramm für Akademiker zum Einstieg in den Lehrerberuf. Abschlussbericht 2014. Technische Universität Dresden.

Milster, J.-J. & Nordmeier, V. (2016). Qualifizierung von Quereinsteiger*innen im Master of Education. Ein Modellversuch. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B. Didaktik der Physik. Beiträge der DPG-Frühjahrstagung. Berlin.

Milster, J.-J. & Nordmeier, V. (2018). Professionelle Kompetenzen von Quereinsteiger*innen im Q-Master. In Maurer, C. (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017 (S. 714–717).

Oettinghaus, L. (2016). Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat, Berlin: Logos Verlag Berlin.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften, Berlin: Logos Verlag Berlin.

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15(1), 111–143.

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz, Berlin: Logos.

Watt, H.M.G., Richardson, P.W., Klusmann, U., Kunter, M., Beyer, B., Trautwein, U. & Baumert, J. (2012). Motivations for choosing teaching as a career: An international comparison using the FIT-Choice scale. Teaching and Teacher Education, 28(6), 791–805.

Monika Angela Budde[1] [1]Universität Vechta
Maike Busker [2] [2]Europa-Universität Flensburg

Professionalisierung zur Sprachförderung in Praxisphasen Chemie

Ausgangslage

Individuelle Förderung von Schülerinnen und Schüler wird in den Lehrplänen an allgemeinbildenden Schulen als bedeutsam herausgestellt. So soll Unterricht die unterschiedlichen Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen. Hierzu zählen unter anderem die sprachlichen Fähigkeiten der Lernenden. Bedingt durch Mehrsprachigkeit und Diversität im sozioökonomischen Status ist eine zunehmende sprachliche Heterogenität zu beobachten (Feilke, 2012). Damit einher geht die Forderung nach einer durchgängigen Sprachbildung in allen Fächern (Gogolin &Lange, 2011). Diese zu berücksichtigen stellt eine Herausforderung für den Fachunterricht dar. Gleichsam besteht die Notwendigkeit, angehende Lehrkräfte bereits im Laufe ihres Studiums auf dieses Handlungsfeld vorzubereiten.

Fachspezifische Professionalisierung zur Sprachförderung (Fach-ProSa)

Mit dem Projekt Fach-ProSa wird das Ziel verfolgt, entsprechende Lehr/Lernarrangements im Lehramtsstudium im Fach zu schaffen, die eine Professionalisierung zur Sprachförderung anbahnen und fördern (Budde & Busker, 2016). Grundlegend hierfür ist der Aufbau einer Sprachbewusstheit und Sprachlehrbewusstheit. So ist für die Entwicklung von Kompetenzen in der Sprachförderung der Aufbau einer Sprachlehrbewusstheit wesentlich und hierfür wiederum der Aufbau einer Sprachbewusstheit (Andrews, 2007; Breidbach, Elsner & Young, 2011). Um die Besonderheiten der jeweiligen Fachsprache zu berücksichtigen, ist eine fachbezogene Professionalisierung zur Sprachförderung notwendig. Sprachbewusstheit gilt als zentrale kognitive Größe bei der Entwicklung sprachlicher Kompetenzen sowohl in der Erstsprache (Ossner, 2006; Eichler & Nold, 2007; Gornik, 2015), als auch in der Zweit- und Fremdsprache (Martinez, 2008). Dabei ist Sprachbewusstheit beobachtbar durch reflexive Handlungen in Bezug auf die Sprache. Empirische Untersuchungen zur Sprachbewusstheit liegen vor allem im Kontext des Spracherwerbs vor (Clark, 1978; Andresen1985).

Nach dem Prinzip einer durchgängigen Sprachbildung ist die Aufgabe einer sprachlichen Förderung von Schülerinnen und Schüler in allen Fächern zu leisten. Dieses erfordert eine enge Kooperation von Lehrkräften. Um diesem Rechnung zu tragen, werden im Projekt Fach-ProSa interdisziplinäre Seminare zwischen den Fächern Chemie und Deutsch angeboten. Auf diese Weise sollen Fähigkeiten zum kooperativen, interdisziplinären Arbeiten bei den Lehramtsstudierenden gestärkt werden.

Das Projekt Fach-Prosa legt für die integrative Qualifizierung zur Sprachförderung aufeinander aufbauende Lernziele zugrunde. Diese umspannen die Sensibilisierung für die Sprache im Fach, die Reflexion des eigenen sprachlichen Handelns, die Auseinandersetzung mit fachdidaktischen Hintergründen zum sprachlichen Handeln, die Beobachtung und die Reflexion über das sprachliche Handeln in Unterrichtssituationen bis hin zur Gestaltung von Fördermöglichkeiten (siehe Abb. 1). Diesem Aufbau folgend werden vom ersten Bachelorsemester bis zum vierten Mastersemester des Lehramtsstudiums (hier im Fach Chemie) regelmäßig Lerngelegenheiten in das Fachstudium integriert, um so einen sukzessiven Aufbau von Sprach- und Sprachlehrbewusstheit zu erreichen. Die Entwicklung und Evaluation dieser Lerngelegenheiten erfolgt schrittweise. In einem aktuellen Teilprojekt werden vor allem die Schulpraktika in den Fokus gestellt.

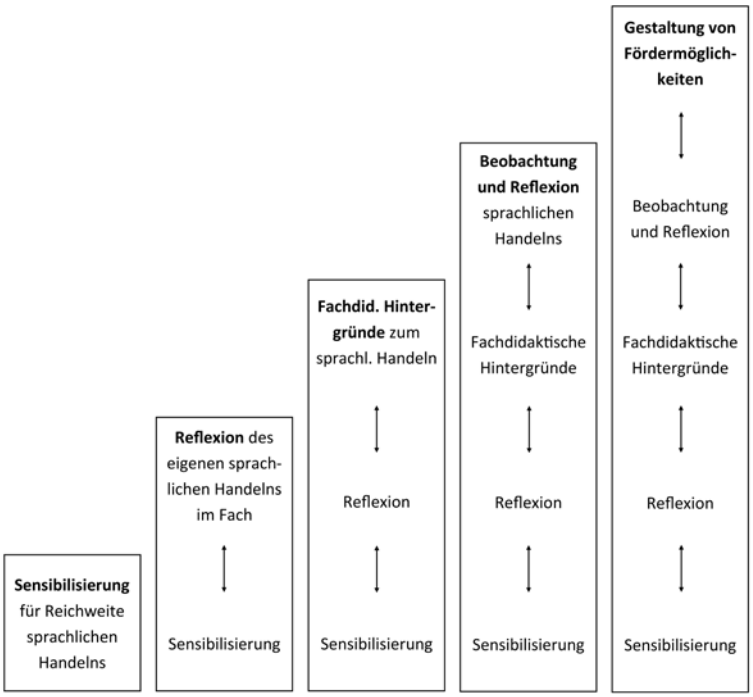


Abbildung 1: Professionalisierung zur Sprachförderung im Modell FachProSa

Potential schulpraktischer Studien

Die Entwicklung von Kompetenzen in der Sprachförderung wird im Projekt Fach-ProSa in enger Verbindung zum von Shulman (1986) fundierten „pedagogical content knowlegde“ gesehen. In seinen Ausführungen zum fachdidaktischen Wissen stellt Shulman (1986) bereits die Notwendigkeit der Fähigkeit von Lehrkräften heraus, ihr unterrichtliches Handeln beschreiben und reflektieren und mit anderen darüber kommunizieren zu können. In weiteren Arbeiten (u.a. Park & Oliver, 2008; van Driel & Berry, 2012), die sich mit der Frage nach der Weiterentwicklung des fachdidaktischen Wissens bei Lehrkräften oder Lehramtsstudierenden auseinandersetzen, wird die Fähigkeit zur Reflexion von unterrichtlichem Handeln als bedeutsam herausgestellt (Park, Oliver, 2008). Dabei wird die (Weiter-)entwicklung des Professionswissens in Hinblick auf „pedagogical content knowlegde“ (PCK) als ein komplexer Prozess ausgewiesen, der geprägt ist durch den jeweiligen spezifischen Kontext, die jeweilige Situation und Person. Van Driel & Berry (2012) folgern daraus, dass Interventionen zur Weiterentwicklung des PCK eng an das individuelle Unterrichtshandeln angebunden sein sollten. Bei der Erprobung einzelner Unterrichtsgestaltungen müssen diese für eine Weiterentwicklung des Professionswissens eng mit einer anschließend erfolgenden Reflexion der gemachten Unterrichtserfahrungen verbunden werden. Diese sollte sowohl individuell als auch im gemeinsamen Austausch erfolgen (van Driel, Berry, 2012).

Schulpraktische Studien bieten eine solche Lerngelegenheit, um Unterrichtbeobachtungen und eigene Unterrichtserfahrungen zu reflektieren. Entsprechend stellen schulpraktische Studien auch für die Professionalisierung zur Sprachförderung eine besondere Lerngelegenheit dar. In dem bisher üblichen Format eines Begleitseminars mit Praktikum wird der gemeinsame

Austausch und die gemeinsame Reflektion von Unterricht nur begrenzt ermöglicht. Um dieses in höherem Maße zu ermöglich, wird ein Blended-Learning Format genutzt.

Professionalisierung zur Sprachförderung im Rahmen von schulpraktischen Studien

Entsprechend der aufeinander aufbauenden Lernziele zur Professionalisierung zur Sprachförderung (Abb. 1) fokussiert das Schulpraktikum im Bachelor-Studiengang (Fachpraktikum) auf die Beobachtung und Reflexion von Unterricht, darüber hinaus fokussiert das Schulpraktikum im Master-Studiengang (Praxissemester) auf die Gestaltung, Erprobung und Reflexion von Unterricht.

Das Fachpraktikum wird an der Europa-Universität Flensburg durch ein zwei Semesterwochenstunden umfassendes Begleitseminar vorbereitet. In das Praktikum werden Aufgaben zur Unterrichtsbeobachtung und Reflexion eingebunden. Drei dieser Aufgaben setzen sich mit sprachlichen Phänomenen auseinander. Das Praxissemester wird an sechs Seminarterminen im Umfang von 90 Minuten vor und während der Praxisphase begleitet. Im Rahmen des Praxissemesters werden von den Studierenden ein Portfolio und eine Forschungsaufgabe bearbeitet. In das Portfolio werden Aufgaben zur Gestaltung und Reflexion sprachbewussten Unterrichts eingebunden. Sowohl im Fachpraktikum als auch im Praxissemester werden die Studierenden angehalten, während der Praxisphase ihre Unterrichtsbeobachtungen bzw. Unterrichtsgestaltungen auf einer Blended-Learning-Plattform einzubringen. Dort wird die Möglichkeit zur Rückmeldung und zum gemeinsamen diskursiven Austausch gegeben.

Darüber hinaus werden über die Blended-Learning Plattform interdisziplinäre Teams von Chemie- und Deutschstudierenden gebildet. Dadurch wird eine fächerübergreifende Diskussion und Kooperation angeregt.

Ausblick

Mit dem Herbst- bzw. Wintersemester 2019/20 werden die Begleitseminare der schulpraktischen Studien in Kooperation der Universitäten Vechta und Flensburg erstmalig durchgeführt. Durch die Nutzung einer Blended-Learning-Plattform soll der Austausch der Studierenden und die gemeinsame Reflexion von Unterrichtssituationen gefördert und dadurch der Erwerb von Kompetenzen in der Sprachförderung gesteigert werden. Der Frage, inwiefern dieses in dem neuen Setting gelingt, soll im Rahmen einer qualitativ ausgerichteten formativen Evaluation nachgegangen werden.

Literatur

Andresen, H. (1985). Schriftspracherwerb und die Entstehung von Sprachbewußtheit. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Andrews, S. J. (2007). Teacher Language Awareness. Cambridge: Cambridge University Press.

Breidbach, S., Elsner, D., & Young, A. (2011). Language awareness in teacher education: cultural-political and social-educational perspectives. Berlin u.a.: Peter Lang.

Budde, M.; Busker, M. (2016):Das Projekt Fach-Prosa. Ein fachintegriertes Modell in der Lehrerausbildung zur Professionalisierung in der Sprachförderung. In: Menthe, J.; Höttecke, D.; Zabka, T., Hammann, M., Rothgangel, M. (Hrsg.). Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung. Schriftenreihe Fachdidaktische Forschungen Band 10. Münster u.a.: Waxmann. 69–80.

Clark, E. (1978). Awareness of Language. Some evidence from what children say and do. In Sinclair, A.; Jarvella, R. & Levelt, W.J.M. (Hrsg.). The Child´s Conception of Language. New York: Springer, 17-44.

Eichler, W.; Nold, G. (2007). Sprachbewusstheit. In: Klieme, E., & Beck, B. (2007). Sprachliche Kompetenzen-Konzepte und Messung. DESI-Studie (Deutsch Englisch Schülerleistungen International), Weinheim u.a. Beltz: 63-82.

Feilke, H. (2012): Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. In: Praxis Deutsch 39 (2012) 233, 4-13.

Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: Fürstenau, S. & Gomolla, M. (Hrsg.). Migration und schulischer Wandel. Mehrsprachigkeit. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften,107-127.

Gornik, H. (2015). Sprachreflexion, Sprachbewusstheit, Sprachwissen, Sprachgefühl und die Kompetenz der Sprachthematisierung. Ein Einblick in das Begriffsfeld. In: ders. (Hrsg.): Sprachreflexion und Grammatikunterricht. DTP-Band 6, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 41-58.

Martinez, H. (2008). Lernerautonomie und Sprachlernverständnis. Eine qualitative Untersuchung bei zukünftigen Lehrerinnen und Lehrern romanischer Sprachen. Tübingen: Narr.

Ossner, J. (2006). Kompetenzen und Kompetenzmodelle im Deutschunterricht. In: Didaktik Deutsch (21) 5-19.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in science Education, 38(3), 261-284.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational researcher, 15(2), 4-14.

Van Driel, J. H., & Berry, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. Educational researcher, 41(1), 26-28. [14]

Angelika Pahl PH Bern

Unterrichten von Natur und Technik in Kindergarten und Primarschule: Zu den Vorlieben von Lehramtsstudierenden

Kompetenzorientierter Unterricht bedarf nicht zuletzt an Lehrpersonen, die den zu unterrichtenden Lerngegenständen positiv gegenüberstehen. So zeigen verschiedene Studien, dass zum Beispiel Primarschullehrpersonen, die eine Abneigung gegenüber naturwissenschaftlichen Inhalten haben, diese Themen im Unterricht gar nicht oder nicht so intensiv aufgreifen, wie sie eigentlich sollten. Die Qualität und Quantität naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens in Kindergarten und Primarschule hängen somit auch von der Einstellung der Lehrperson ab (Strunk, Lück & Demuth, 1998; Pendergast et al., 2017; van Aalderen-Smeets et al., 2012). Gerade in einem Generalisten-Studium wie jenem der Kindergarten- und Primarschullehrpersonen muss davon ausgegangen werden, dass Lehramtsstudierende nicht allen Fächern bzw. Inhaltsbereichen gleichermaßen zugeneigt sind. Dementsprechend sind auch innerhalb des multidisziplinären Fachs Sachunterricht oder Natur-Mensch-Gesellschaft-Unterricht (NMG-Unterricht), wie es in der Schweiz heißt, unterschiedliche Unterrichtsvorlieben zu erwarten. Eine nicht repräsentative Umfrage in einigen Kantonen der Schweiz ergab, dass Primarschullehrpersonen Inhalte rund um Lebensräume und Lebensgemeinschaften sowie Themen zu Tieren und Pflanzen gerne unterrichten, während sie gegenüber Unterrichtsinhalten wie Elektrizität und Magnetismus eher eine Abneigung empfinden (Adamina et al., 2009). Insgesamt scheint die unbelebte Natur im Vergleich zur belebten Natur ein unbeliebterer Unterrichtsinhalt bei Kindergarten- und Primarschullehrpersonen zu sein (Kleickmann, 2015).

Untersuchungsgegenstand

Im Rahmen einer Fragebogenuntersuchung soll explorativ erhoben werden, wie Lehramtsstudierende für den Kindergarten- und Primarschulbereich verschiedene natur- und gesellschaftswissenschaftliche Inhaltsbereiche des NMG-Unterrichtes hinsichtlich ihrer affektiven Zugewandtheit, ihres akademischen Fähigkeitsselbstkonzeptes und ihrer bisherigen Erfahrungen bewerten.

Nachgegangen werden soll auch der Frage, ob Studierende, die eine schwerpunktmäßige Vorbildung im Bereich Natur und Technik aufweisen, häufiger eine Präferenz für das Unterrichten von physikalisch/technischen Inhalten aufzeigen als Studierende mit einer anderen Schwerpunktbildung. Zusammenhänge zwischen schwerpunktmäßiger Vorbildung und bevorzugten Unterrichtsinhalten sollen auch für andere Inhaltsbereiche des NMG-Unterrichts untersucht werden. Abschließend soll geprüft werden, welche Faktoren der allgemeinen Interessenstruktur am besten die Unterrichtsinhalte, die am liebsten im NMG-Unterricht gelehrt werden, vorhersagen können.

Methodisches Vorgehen

In die Stichprobe wurden Studierende des Bachelorstudiengangs Vorschulstufe und Primarstufe der Pädagogischen Hochschule Bern aufgenommen, die den Studienschwerpunkt Vorschul- und Unterstufe (Kindergarten bis zweite Primarschulklasse) gewählt haben.

Zur multidisziplinären Erfassung der affektiven Zugewandtheit, des akademischen Fähigkeitsselbstkonzeptes und der bisherigen Erfahrungen der Studierendenden wurde der validierte NMG-Fragebogen eingesetzt, der Aussagen zu sieben verschiedenen Inhaltsbereichen des NMG-Unterrichts ermöglicht (Pahl, Tschiesner & Adamina, 2019 in press). Zudem wurde mittels eines Q-Sort-Verfahrens erhoben, wie die Studierenden eine Liste von NMG-Unterrichtsinhalten nach ihrer Beliebtheit bzw. Unbeliebtheit reihen

(Adamina, 2008). Die gereihten Unterrichtsinhalte lassen sich verschiedenen Disziplinen des NMG-Unterrichts zuordnen. Das schulisch-berufliche Interesse der Studierenden wurde mit dem Allgemeinen-Interessenstruktur-Test (AIST-R) von Bergmann und Eder (2005) erfasst, der nach dem RIASEC-Modell von Holland (1997) konstruiert wurde.
Sämtliche Daten wurden in SPSS 25 eingegeben und die Fragestellungen mit deskriptiv- und inferenzstatistischen Methoden geprüft.

Ergebnisse
Die Stichprobe setzt sich aus 195 Studierenden des Bachelorstudiengangs Vorschulstufe und Primarstufe der PHBern zusammen. 186 (95,4%) Probanden sind weiblich und 9 männlich (4,6%). Das Durchschnittsalter der Probanden beträgt 22,4 Jahre (SD = 4,22). Die meisten Probanden (N = 76; 45,8%) haben vor Studienbeginn eine Schwerpunktbildung im pädagogisch/sozialen Bereich durchlaufen. Eine schwerpunktmäßige Vorbildung im naturwissenschaftlich/technische Bereich weisen nur 18 (10,8%) Probanden auf.
Die Ergebnisse der Auswertung des NMG-Fragebogens (siehe Abb. 1) zeigen, dass die Studierenden dem „naturbezogenen“ (M = 4,34; SD = 0,77) und „sozial/ethischen“ (M =4,25; SD = 0,84) Inhaltsbereich affektiv am nächsten stehen. Die niedrigsten Werte bezüglich affektiver Zugewandtheit sind in den Inhaltsbereichen „wirtschaftlich“ (M = 2,45; SD = 0,96) und „physikalisch/technisch“ (M = 2,77; SD = 1,06) zu finden. Das am höchsten ausgeprägte akademische Fähigkeitsselbstkonzept zeigen die Probanden in den Inhaltsbereichen „naturbezogen“ (M = 3,99; SD = 0,78) und „sozial/ethisch“ (M = 3,92; SD = 0,80), während die am niedrigsten ausgeprägten Werte des akademischen Fähigkeitsselbstkonzeptes in den Inhaltsbereichen „wirtschaftlich“ (M = 2,67; SD = 0,99) und „physikalisch/technisch“ (M = 2,71; SD = 0,96) anzutreffen sind. Hinsichtlich der Erfahrungen mit den verschiedenen Inhaltsbereichen des NMG-Unterrichts sind in der „naturbezogenen“ (M = 4,03; SD = 0,78) und „sozial/ethischen“ (M = 3,75; SD = 0,84) Perspektive die höchsten Ausprägungen und in der „wirtschaftlichen“ (M = 2,39; SD = 0,93) und „physikalisch/technischen“ (M = 2,69; SD = 0,93) Perspektive die niedrigsten Ausprägungen zu verzeichnen.

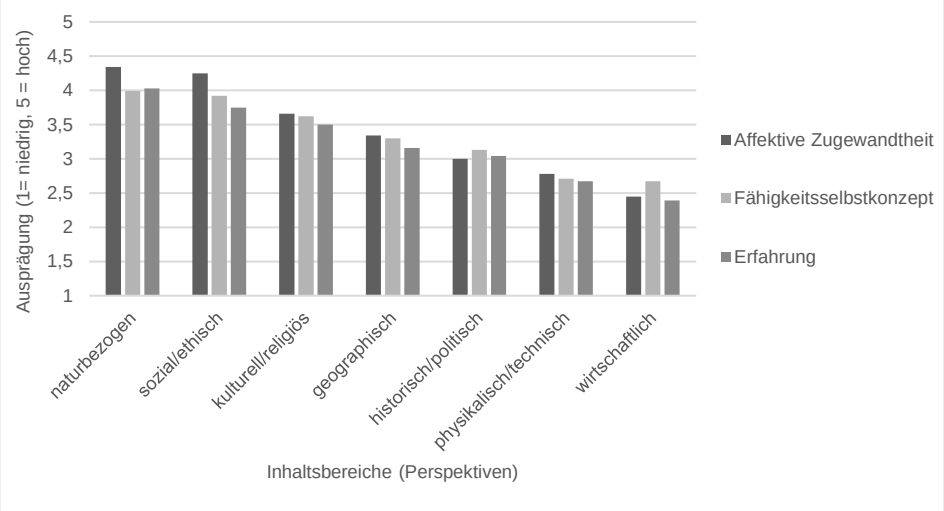


Abb. 1 Vergleich der Ausprägungen der affektiven Zugewandtheit, des Fähigkeitsselbstkonzeptes und der Erfahrungen in verschiedenen NMG-Inhaltsbereichen

Die Perspektiven-Gesamtskalen des NMG-Fragebogens können im Inhaltsbereich „sozial/ethisch“ ($OR_{sozial/ethisch} = 2,70$; $p < .001$), „kulturell/religiös“ ($OR_{kulturell/religiös} = 7,25$; $p <$

.001), „historisch/politisch“ ($OR_{historisch}$ = 2,14; p < .001), „geographisch“ ($OR_{geographisch}$ = 1,57, p < .05), „physikalisch/technisch“ ($OR_{physikalisch}$ = 1,75, p < .05; $OR_{technisch}$ = 1,78, p < .02) und „naturbezogen“ ($OR_{biologisch}$ = 2,55, p < .001) signifikant vorhersagen, ob die Studierenden die entsprechenden fachlichen Inhalte am liebsten unterrichten. Einzig im Falle des NMG-Inhaltsbereichs „wirtschaftlich“ ($OR_{wirtschaftlich}$=1.04, n.s.) trifft dies nicht zu.
Aggregiert man die Nennungen des erst-, zweit- und drittliebsten Unterrichtsinhaltes des Q-Sort-Verfahrens, so zeigt sich, dass die Studierenden vor allem geographische (N = 98; 67,6%), sozialwissenschaftliche (N = 97; 49,7%) und/oder biologische Inhalte (N = 81; 41,5%) am liebsten unterrichten. Als erst-, zweit- oder drittunbeliebtester Unterrichtsinhalt werden vorwiegend Themen aus den Bereichen Technik (N = 149; 76,4%), Chemie (N = 136; 69,7%) und/oder Wirtschaft (N = 64; 32,8%) genannt.
Die Berechnungen ergaben, dass vor allem Studierende, die eine schwerpunktmäßige Vorbildung im Bereich Natur und Technik aufweisen, zu jenen zählen, die Inhalte aus den Fächern Chemie, Physik oder Technik am liebsten lehren (χ^2 = 4,580; p < .05). Studierende, die das Unterrichten anderer Inhalte bevorzugen, weisen nicht überzufällig häufiger eine entsprechende Vorbildung in diesen Bereichen auf, wie folgende Ergebnisse zeigen: Naturwissenschaftlich/technische Vorbildung und Vorliebe für biologische Themen (χ^2 = 0,23; n.s.), pädagogisch/soziale Vorbildung und Vorliebe für sozial-ethische Inhalte (χ^2 = 0,02; n.s.), wirtschaftliche Vorbildung und Vorliebe für wirtschaftliche Inhalte (χ^2 = 2,957; n.s.) sowie geographisch/geschichtliche Vorbildung und Vorliebe für geographisch/historische Inhalte (χ^2=0,240, n.s.).
Versucht man Variablen der allgemeinen Interessensstruktur als Prädiktoren in einem logistischen Regressionsmodell heranzuziehen, um vorhersagen zu können, welche Studierenden welche NMG-Inhalte am liebsten unterrichten, zeigt sich, dass die AIST-Skala „investigative“, d.h. ein intellektuell-forschendes Interesse, die Vorliebe zum Unterrichten von Inhalten aus den Bereichen Chemie, Physik oder Technik positiv beeinflussen kann (OR = 1,26; p < .001), während die AIST-Skalen „social“, d.h. ein soziales Interesse, und „artistic“, d.h. ein sprachlich-künstlerisches Interesse, einen negativen Einfluss darauf haben (OR_{social} = 0,86; p < .01; $OR_{artistic}$ = 0,91; p < .05). Das Modell unterscheidet sich signifikant von Null (χ^2 = 59,419; df = 6; p < .001) und klärt zwischen 26 und 41 Prozent Varianz auf ($R^2_{Cox\&Snell}$ = .263 und $R^2_{Nagelkerke}$ = .412). Die Vorliebe für das Unterrichten von sozial-ethischen und kulturellen Inhalten wird positiv durch die AIST-Variable „social“ (OR = 1,14; p < .001) und negativ durch die AIST-Variable „investigative“ beeinflusst (OR = 0,92; p < .05). Das Regressionsmodell unterschiedet sich hochsignifikant von Null (χ^2 = 41,912; df = 6, p < .001) und klärt zwischen 19 und 27 Prozent Varianz auf ($R^2_{Cox\&Snell}$ = .193 und $R^2_{Nagelkerke}$ = .267). Für die Vorhersage der Vorliebe von biologischen Unterrichtsinhalten (χ^2 = 6,165; df = 6; n.s.), wirtschaftlichen Unterrichtsinhalten (χ^2=10,148; df = 6; n.s.) und historisch/geographischen Unterrichtsinhalten (χ^2=5,255; df = 6; n.s.) konnten keine Modelle, die sich signifikant von einem zufällig gewählten Modell unterscheiden, gefunden werden.

Diskussion

Eine Besonderheit der vorliegenden Studie ist der multidisziplinäre Vergleich der Einstellung von Studierenden hinsichtlich der verschiedenen natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Inhaltsbereiche des NMG-Unterrichts (Sachunterrichts). Der Befund, dass Studierende die höchste affektive Zugewandtheit gegenüber „naturbezogenen“ und „sozial/ethischen“ Inhaltsbereichen zeigen, deckt sich mit den Erkenntnissen aus anderen Studien. Ebenso geht es mit der Literatur konform, dass es Zusammenhänge zwischen der Erfahrung, dem akademischen Fähigkeitsselbstkonzept und der affektiven Zugewandtheit zu einem Inhaltsbereich gibt (Kleickmann, 2015). Hervorzuheben ist, dass für den Inhaltsbereich der unbelebten Natur (physikalisch/technisch) die schwerpunktmäßige Vorbildung und die allgemeine Interessensstruktur entscheidende Einflussfaktoren für dessen Beliebtheit sind.

Literatur

Adamina, M. (2008). Mein NMM-Profil. In H. Müller & M. Adamina (Eds.), Broschüre aus dem Grundlagenband ‚Lernwelt Natur-Mensch-Mitwelt'. Bern: Schulverlag Plus, 34-37.

Adamina, M., Labudde, P., Gingins, F., Nidegger, C., Bazzigher, L., Bringold, B., Frischknecht-Tobler, U., Gigon, P., Gut, C., Jaun-Holderegger, B., Jetzer, A., Knierim, B., Metzger, S., Raths, K., Stebler, R., Theurillat, P., Vetterli, M., Wagner, U., Weber, C. & Zeyer, A. (2009). HarmoS Naturwissenschaften+. Kompetenzmodell und Vorschläge für Basisstandards Naturwissenschaften. Wissenschaftlicher Schlussbericht. Bern: HarmoS Konsortium Naturwissenschaften.

Bergmann, C. & Eder, F. (2005). Allgemeiner Interessen-Struktur-Test mit Umwelt-Struktur-Test (UST-R) – Revision. Göttingen: Beltz.

Holland, J.L. (1997). Making vocational choices. A Theory of Vocational Personalities and Work Environments. Odessa: Psychological Assessment Resources.

Kleickmann, T. (2015). Professionelle Kompetenz von Primarschullehrkräften im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Zeitschrift für Grundschulforschung. Bildung im Elementar- und Primarbereich, 8 (1), 7-22.

Pahl, A., Tschiesner, R. & Adamina, M. (2019, in press). The 'Nature-Human-Society'-Questionnaire for Kindergarten and Primary-School Trainee Teachers: Psychometric Properties and Validation. ICERI2019 Proceedings.

Pendergast, E., Liebermann-Betz, R.G. & Vail, C.O. (2017). Attitudes and Beliefs of Prekindergarten Teachers toward Teaching Science to Young Children. Early Childhood Education Journal, 45 (1), 43-52.

Strunk, U., Lück, G. & Demuth R. (1998). Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis – eine qualitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4 (1), 69-81.

van Aalderen-Smeets, S., Walma van der Molen J. & Asma L.J.F. (2012). Primary Teachers' Attitudes Toward Science: A New Theoretical Framework. Science Education, 69 (1), 156-182.

Lukas Mientus
Peter Wulff
Antoinette Meiners
Andreas Borowski

Universität Potsdam

PCK und Unterrichtspraxis in der MINT-Lehrkräftebildung

Nach Shulman (1986) beschreibt Pedagogical Content Knwoledge (PCK) Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Knowhow einer Lehrkraft. Während ein verfeinertes Verständnis der Struktur des PCK von MINT-Lehrkräften entwickelt werden konnte, sind die Zusammenhänge zwischen dem, was die Lehrkraft mitbringt, dem personal PCK (pPCK) und der tatsächlichen Unterrichtssituation, dem enacted PCK (ePCK) bisher noch wenig verstanden (Gess-Newsome et al. 2017; Aydin et al. 2013). Einen geeigneten Rahmen, um Zusammenhänge von Aspekten unterrichtlichen Handelns von Lehrkräften in MINT-Fächern zu beschreiben, bietet das 2019 vorgestellten Refined Consensus Model (RCM) (Carlson und Daehler, 2019). Es konzeptualisiert Zusammenhänge zwischen pPCK und ePCK im sogenannten Pedagogical Reasoning Cycle (Carlson & Daehler, 2019).
Ziel des vorliegenden Literature Reviews war es, die bestehenden Forschungsbeiträge zu PCK und Unterrichtspraxis zu recherchieren, Zusammenhänge zwischen pPCK und ePCK zu untersuchen und die gefundenen Studien hinsichtlich PCK und unterrichtspraktischen Erfahrungen zu charakterisieren und zu synthetisieren.

Methode
Unter Verwendung einschlägiger Datenbanken (u.a.: ERIC, PsychINFO) konnten zunächst N=881 Artikel mit den Suchworten „STEM“, „PCK“, „practice“ und sinnvollen Variationen identifiziert werden. Durch ein systematisches Auswahlverfahren (Lesen der Abstracts und ggf. der vollständigen Artikel – bspw. wurden Diskussionen und Reviews ausgeschlossen) wurden N=97 Studien ausgewählt, welche Zusammenhänge zwischen PCK und Praxis untersuchen.
Diese Studien wurden nach fünf Dimensionen unter Verwendung einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (1997) analysiert. Neben dem Forschungskontext (z.B. Nationalität, Klassenstufe, Schulfach) zur Betrachtung der Repräsentativität des Reviews wurden vier inhaltsbezogene Dimensionen betrachtet um differenzierte Aussagen treffen zu können, auf welche Weise Studien Zusammenhänge untersuchen:
- Forschungsfokus (Natur von PCK bei MINT Lehrkräften; Entwicklung von PCK bei MINT Lehrkräften; Beziehung zwischen PCK und anderem; Veränderung von PCK bei MINT Lehrkräften)
- Untersuchungsmethode (Forschungsdesign; Messinstrumente; Datenverarbeitung)
- Konzeptualisierung von PCK und Praxis (bspw. benutztes PCK-Konzept)
- PCK und Praxis bezogen auf den Pedagogical Reasoning Cycle (Bezugnahme auf Komponenten von Knowledge oder PCK)

Das verwendete Forschungsdesign ist in Abbildung 1 dargestellt.

Ergebnisse
Aus Abbildung 1 geht weiter hervor, dass die Studien als repräsentativ für diverse Nationalitäten, Klassenstufen, Fächer und Erfahrungsstand der Lehrkräfte zu bewerten ist.

Art der Studie / Forschungsfokus
Die Studien setzten verschiedene Fokusse, um den Zusammenhang zwischen PCK und Unterrichtspraxis zu untersuchen.

Die Natur von PCK bei MINT Lehrkräften, die Art und den Inhalt von PCK in Bezug auf PCK-Komponenten beschreiben 30 Studien. Einige Studien stellten PCK verschiedener Gruppen von Lehrkräften gegenüber. Andere konzeptualisierten PCK auf Grundlage empirischer Ergebnisse und / oder identifizierten neue Aspekte von PCK (z. B. die Existenz einer dynamischeren und flexibleren Form von PCK).
19 Studien untersuchten die unbeeinflusste Entwicklung von PCK bei MINT-Lehrkräften in drei Schwerpunkten:
- die PCK-Entwicklung von Lehrkräften, wenn sie ein neues Thema unterrichten,
- die Auswirkungen von Lehrerbildungsprogrammen oder Mentoren
- die PCK-Entwicklung in den ersten Beschäftigungsjahren

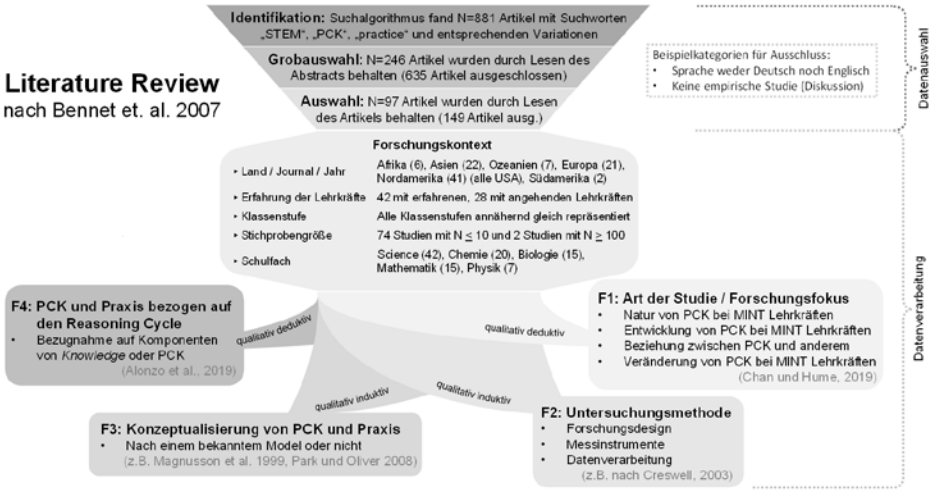


Abb. 1) Visualisierung des Studiendesigns

Weiterhin zeigt sich, dass geeignete Werkzeuge zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen Konstrukte sind, welche PCK explizit auf MINT-Lehrkräfte beziehen (z. B. Content Representation - CoRes, Pedagogical and Professional-experience Repertoires - PaP-eRs).
33 Studien untersuchten die Veränderung von PCK bei MINT-Lehrkräften nach oder während einer Intervention, die ein Methodenkurs, eine Aktionsforschung oder ein Programm zur beruflichen Weiterentwicklung sein konnte. Nach Chan und Hume (2019) konnten sowohl Studien gefunden werden, welche qualitative Veränderungen von PCK vor und nach der Intervention untersuchten, als auch Studien, welche quantitative Methoden zur Untersuchung der Wirksamkeit der Intervention untersuchen.
Die Beziehung zwischen PCK und anderen Variablen, wie Überzeugungen, Selbstkonzept, Fachwissen, Studienleistungen und Unterrichtspraktiken, untersuchten 20 Studien. Özden (2008) untersuchte beispielsweise eine gegenseitige Beeinflussung von CK und PCK von MINT-Fortbildungslehrern, Lucenario et al. (2016) beforschten einen Bezug zwischen PCK der Lehrkraft und dem konzeptionellen Verständnis der Schülerinnen und Schüler beziehungsweise deren Problemlösekompetenz.

Untersuchungsmethode

Methodisch wurden größtenteils qualitative Fallstudien unter Verwendung überwiegend kleiner (74 Studien mit $N \leq 10$) Stichprobengrößen implementiert (Siehe Abb. 1).

Konzeptualisierung von PCK und Praxis

Das RCM bildet hierbei ein geeignetes Gerüst für verschiedene Konzeptualisierungen von PCK wie sie in den Studien Anwendung finden. In Tabelle 1 sind die Bezugnahmen zu bestehenden integrativen und transformativen Modellen nach den betrachteten Teilaspekten von PCK veranschaulicht.

Tab. 1) Bezugnahmen von Studien auf transformative Modelle
Transformative Modelle

Model	**KSU**	**KISR**	**KA**	**KC**	**OTS**	**Andere**	**Nicht spezifiziert**
10 weitere Modelle[1]	22	24	11	16	13	1	
Magnusson et al. (1999)	27	26	22	22	18		
Nicht spezifiziert	26	26	7	12	8	2	1
Summe der Bezugnahmen	**75**	**76**	40	50	39	3	1

PCK und Praxis bezogen auf den Pedagogical Reasoning Cycle
Alle Studien untersuchen mindestens eine Phase des Pedagogical Reasoning Cycle. Eine Mehrzahl hiervon bezieht sich mit Ausnahme von Simulationen auf den Makrozyklus, also das Planen, Durchführen und Reflektieren ganzer Unterrichtsstunden. Reale Mikro-Unterrichtssituationen wurde nur vereinzelt untersucht.

Tab. 2) Bezugnahmen zu micro-/macro-Pedagogical Reasoning Cycle

Anzahl der Studien	***plan***		***teach***		***reflect***		***simulierte Situation***	
	ePCKp macro	ePCKp micro	ePCKt macro	ePCKt micro	ePCKr macro	ePCKr micro	ePCKp,r macro	ePCKr micro
Σ	63	0	48	18	64	0	2	12

Diskussion
Viele der Ergebnisse im vorliegenden Literature Review decken sich mit Befunden aus vorheriger Forschung. Beispielsweise konnten Chan und Hume (2019) identifizieren, dass derzeit (das mehrfach genutzte Modell von Magnusson et. al ausgeklammert) eine Vielzahl von differenzierten PCK-Konzepten Anwendung findet. Häufiger als andere Aspekte von PCK werden das Schülerverständnis (Knowledge of Students Unterstanding - KSU) und die Kenntnis von Unterrichtsstrategien (Knowlede of Instructinonal Strategies and Representation - KISR) zentral beforscht (siehe Tabelle 1).
Darüber hinaus merkten Wilson et al. (2019) an, dass die von ihnen identifizierten Studien infolge der qualitativen Methodik nur bedingt zur Generalisierung von Forschungsbefunden geeignet sind, was in der vorliegenden Studie insbesondere durch die geringen Stichprobengrößen und die methodischen Ansätze unterstützt werden.
Nachdem die Facetten von PCK umfassend beschrieben wurden, sollte nunmehr eine stärkere Orientierung auf der Erfassung entsprechender Konstrukte wie pPCK und ePCK liegen. Hierbei bieten quantitative Tests aber auch Performanz-Instrumente wie Videographie (Liepertz und Borowski, 2018; Seidel & Stürmer, 2014) einen Ausgangspunkt.

Literatur
Alonzo, A.; Berry, A.; Nilsson, P. (2019): Unpacking the Complexity of Science teachers' PCK in Action. Enacted and Personal PCK. In: Hume, A.; Cooper, R. and Borowski A. (Eds.): Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge. Singapore: Springer.

Aydin, S.; Demirdogen, B.; Tarkin, A.; Kutucu, S.; Ekiz, B.; Akin, F. N. et al. (2013): Providing a set of research-based practices to support preservice teachers' long-term professional development as learners of science teaching. In: Science Education 97 (6), S. 903–935. DOI: 10.1002/sce.21080.

Hume, A.; Cooper, R. und Borowski, A. (Eds.) (2019): Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge. Singapore: Springer.

Jordan, A. et al. (2010): Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. In: American Educational Research Journal 47 (1), S. 133–180. DOI: 10.3102/0002831209345157.

[1] Abell (2007); Gess-Newsome (2015); Grossmann (1990); Hanuscin et. al (2011); Hill et al. (2008); Park and Oliver (2008); Rollnick et al. (2008); Saxton et al. (2014); Shulman (1986); Turner-Bisset (1999, 2001)

Bennett, J.; Lubben, F.; Hogarth, S. (2007): Bringing science to life. A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. In: Science Education 91 (3), S. 347–370.

Bereiter, C. (2002): Education in a Knowledge Society. In: B. Smith (Hg.): Liberal Education in a Knowledge Society. Chicago: Open Court.

Berliner, D. C. (2001): Learning about and learning from expert teachers. In: International Journal of Educational Research 35, S. 463–482.

Carlson, J.; Daehler, K.; Alonzo, A.; Barendsen, E.; Berry, A.; Borowski, A. et al. (2019): The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge. In: Hume, A.; Cooper R. and Borowski, A. (Eds.): Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge. Singapore: Springer.

Chan, K. K.; Hume, A. (2019). In: Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Professional Knowledge. Singapore: Springer.

Creswell, J. W. (2003): Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. Thousand Oaks, CA, London, New Delhi: SAGE Publications.

Eraut, M. (2000): Non-formal learning and tacit knowledge in professional work. In: British Journal of Educational Psychology 70, S. 113–136.

Gess-Newsome, J. (2015): A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. Results of the thinking from the PCK summit. In: Amanda Berry, Patricia Friedrichsen und John Loughran (Hg.): Re-examining pedagogical content knowledge in science education. October 2012, … Colorado Springs, USA, … PCK Summit, a working conference. 1. publ. New York, NY: Routledge (Teaching and learning in science series).

Gess-Newsome, J.; Taylor, J. A.; Carlson, J.; Gardner, A. L.; Wilson, C. D.; Stuhlsatz, M. A. M. (2017): Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. In: International Journal of Science Education, S. 1–20. DOI: 10.1080/09500693.2016.1265158.

Grossman, P. L. (1990): The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. Professional development and practice series. New York, NY: Teachers College Press.

Grossman, P.; Compton, C.; Igra, D.; Ronfeldt, M.; Shahan, E.; Williamson, P. W. (2009): Teaching practice. A cross-professional perspective. In: Teachers College Record 111 (9), S. 2055–2100.

Kirschner, S.; Borowski, A; Fischer, H. E.; Gess-Newsome, J.; Aufschnaiter, C. v. (2016): Developing and evaluating a paper-and-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. In: International Journal of Science Education 38 (8), S. 1343–1372. DOI: 10.1080/09500693.2016.1190479.

Korthagen, F. A.; Kessels, J. (1999): Linking Theory and Practice. Changing the Pedagogy of Teacher Education. In: Educational Researcher 28 (4), S. 4–17.

Liepertz, S.; Borowski, A. (2018): Testing the Consensus Model. Relationships among physics teachers' professional knowledge, interconnectedness of content structure and student achievement. In: International Journal of Science Education 37 (3), S. 1–21. DOI: 10.1080/09500693.2018.1478165.

Magnusson, S.; Krajcik, J. S.; Borko, H. (1999): Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: Julie Gess-Newsome und Norman G. Lederman (Hg.): Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implication for science education. Dordrecht: Kluwer Academic, S. 95–132.

Mayring, P. (1997): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Neuweg, H. G. (2007): Wie grau ist alle Theorie, wie grün des Lebens goldner Baum? LehrerInnenbildung im Spannungsfeld von Theorie und Praxis. In: bwpat 12.

Neuweg, H. G. (2014): Das Wissen der Wissensvermittler. In: Ewald Terhart, Hedda Bennewitz und Martin Rothland (Hg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Münster, New York: Waxmann, S. 451–477.

Park, S.; Oliver, J. S. (2008a): Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK). PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. In: Res Sci Educ 38 (3), S. 261–284. DOI: 10.1007/s11165-007-9049-6.

Park, S.; Oliver, J. S. (2008b): Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. In: Res Sci Educ 38 (3), S. 261–284. DOI: 10.1007/s11165-007-9049-6.

Shulman, L. S. (1986a): Those Who Understand. Knowledge Growth in Teaching. In: Educational Researcher 15 (2), S. 4–14.

Shulman, L. S. (1986b): Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In: Educational Researcher.

Shulman, L. S. (2001): Appreciating good teaching. A conversation with Lee Shulman by Carol Tell. In: Educational Leadership 58 (5), S. 6–11.

Sorge, S.; Kröger, J.; Petersen, S.; Neumann, K. (2017): Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. In: International Journal of Science Education 28 (10), S. 1–28. DOI: 10.1080/09500693.2017.1346326.

Alina Behrendt
Vanessa Fischer
Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

Kompetenzmessung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht

Einleitung

Der Übergang vom Sachunterricht der Grundschule zum Chemieunterricht der Sekundarstufe I ist mit verschiedenen fachspezifischen Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler verbunden. Diese entstehen durch die unterschiedliche Einbettung chemischer Inhalte in die Unterrichtsfächer der verschiedenen Schulformen. Während chemische Inhalte in der Grundschule in die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts integriert werden, sind sie in der Sekundarstufe I entweder in einem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht oder im von anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen getrennten Fach Chemie zu finden (Möller, 2014). In Nordrhein-Westfalen beginnt der Chemieunterricht frühestens in der Jahrgangsstufe 7 (MSW NRW, 2013), während der Sachunterricht mit dem Ende der Jahrgangsstufe 4 endet (MSW NRW, 2008). Somit erfolgt der Übergang vom Sachunterricht zum Chemieunterricht nicht unmittelbar, sondern umfasst einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren. In diesem werden chemische Inhalte entweder gar nicht oder in einem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgegriffen (MSW NRW, 2013).

Theoretischer Hintergrund

Chemiebezogene Kompetenzen werden von den Schülerinnen und Schülern sowohl vor der Übergangsphase im Sachunterricht als auch nach der Übergangsphase im Chemieunterricht erwartet. Im Lehrplan Sachunterricht und in den Kernlehrplänen Chemie für die Sekundarstufe I für Nordrhein-Westfalen wird dies deutlich. Zu den Inhalten *Verbrennung*, *Aggregatzustände*, *Lösen von Feststoffen* und *Energie* lassen sich dort aufeinander aufbauende Kompetenzerwartungen für beide Fächer finden (MSW NRW, 2013; 2008). Dadurch bieten die Lehrpläne die Möglichkeit, über die Grenzen der Schulformen und Fächer hinaus kumulative Lernprozesse anzuregen, indem im Sachunterricht auf die Anforderungen des Chemieunterrichts vorbereitet wird und im Chemieunterricht an die im Sachunterricht erworbenen Kompetenzen angeknüpft wird. Beim kumulativen Lernen geht es um die effiziente Integration neuer Inhalte in das bestehende Wissensnetz der Lernenden und die fachlich sinnvolle und für das Individuum schlüssige kognitive Verarbeitung dieser Inhalte (Fischer, Glemnitz, Kauertz & Sumfleth, 2007). Ein Beispiel dafür, wie Inhalte im Fach Chemie sinnvoll aneinander angeknüpft werden können, sind die von Celik (2019) entwickelten Learning Progressions für das erste und zweite Lernjahr Chemie.

Eine dadurch angeregte kontinuierliche Weiterentwicklung der Kompetenzen auch über die Grenzen der Fächer und Schulformen hinweg scheint jedoch nicht immer zu gelingen, wie die Ergebnisse verschiedener Schulleistungsstudien zeigen. In TIMSS 2011 erreichten noch 78 % der deutschen Viertklässlerinnen und Viertklässler ein mittleres bis hohes Kompetenzniveau in den Naturwissenschaften (Bos, Wendt, Ünlü, Valtin, Euen, Kasper & Tarelli, 2012). In PISA 2015 befanden sich jedoch nur 60,3 % der deutschen 15-Jährigen auf einem vergleichbar hohen Kompetenzniveau (OECD, 2016). Ein erfolgreiches Anknüpfen an bereits vorhandene naturwissenschaftliche und damit auch chemiebezogene Kompetenzen scheint nach dem Übergang in die Sekundarstufe I folglich nicht bei allen Schülerinnen und Schülern zu gelingen.

Wie genau sich die chemiebezogenen Kompetenzen in der Zwischenzeit entwickeln, lässt sich aus den Studien nicht ableiten. Es ist bisher wenig darüber bekannt, welche chemiebezogenen Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler in der Grundschule bereits erwerben und wie sich

diese während und nach der Übergangsphase zum Chemieunterricht verändern. Hieraus ergeben sich das Ziel und die Forschungsfragen für das im Folgenden beschriebene Projekt.

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Projektes ist es, die Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht zu beschreiben. Im Rahmen einer Pilotstudie geht es um die Validierung eines entwickelten Testinstruments zur Messung der Kompetenzen. Dabei wird der folgenden Forschungsfrage nachgegangen: Lassen sich die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler mit dem entwickelten Testinstrument objektiv, reliabel und valide erfassen?

In der sich anschließenden Hauptstudie soll das nach der Pilotstudie überarbeitete Testinstrument eingesetzt werden, um die Kompetenzen der Lernenden zu messen und deren Entwicklung zu beschreiben. Im Folgenden soll der Fokus auf die Durchführung und die Ergebnisse der Pilotstudie gelegt werden.

Methoden und Design

Im Rahmen der Pilotstudie wurde das für die Kompetenzmessung entwickelte Testinstrument an Grundschulen und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen eingesetzt.

Das Testinstrument wurde auf Grundlage der Kompetenzformulierungen im Lehrplan Sachunterricht und den Kernlehrplänen Chemie für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Dabei wurden Items zu den vier im Kernlehrplan Chemie aufgeführten Kompetenzbereichen *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* entwickelt. Der Kompetenzbereich *Fachwissen* lässt sich durch die drei Basiskonzepte *Chemische Reaktion*, *Struktur der Materie* und *Energie* strukturieren. Zu jedem dieser Basiskonzepte wurden acht Items entwickelt. Die Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* lassen sich unter dem Begriff *prozessbezogene Kompetenzen* zusammenfassen. Auch zu jedem dieser Kompetenzbereiche wurden acht Items entwickelt. Insgesamt entstanden so 48 Items. 24 davon beziehen sich auf das *Fachwissen* und 24 auf die *prozessbezogenen Kompetenzen*. Aus diesen 48 Items wurden drei verschiedene Testhefte erstellt, die durch ein Incomplete-Block-Design miteinander verknüpft sind und jeweils zu gleichen Teilen aus Items zum *Fachwissen* und zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* bestehen.

Bei den entwickelten Items handelt es sich um Multiple-Choice-Items mit je sechs Antwortmöglichkeiten, unter denen sich einer oder mehrere Attraktoren befinden. Für jede Antwortmöglichkeit sollen die Schülerinnen und Schüler ankreuzen, ob es sich um eine richtige oder eine falsche Antwort handelt. Sind sie sich diesbezüglich unsicher, sollen sie kein Kreuz setzen.

Um die Validität des beschriebenen Testinstruments zu prüfen, wurden alle Items vor der Pilotstudie sieben Ratern vorgelegt. Diese ordneten die Items den verschiedenen Kompetenzbereichen zu. Es ergab sich eine Interrater-Reliabilität von $\kappa = .78$. Einige Items wurden daraufhin vor dem Einsatz des Testinstruments überarbeitet.

Die Stichprobe zur Pilotierung des Tests umfasste 760 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 4 bis 8. Die Datenerhebung fand im Mai 2019 statt. Sie wurde durch geschulte Testleiterinnen und Testleiter unter möglichst gleichen Bedingungen (z. B. bezüglich der Instruktionen und der Bearbeitungszeit) durchgeführt, um die Objektivität der Testungen zu gewährleisten. Zur Auswertung der Testergebnisse wurden IRT-Analysen durchgeführt. Dabei wurde ein Partial-Credit-Modell verwendet, bei dem pro Item 0 bis 6 Punkte vergeben wurden. Es wurden Personenfähigkeiten und Itemkennwerte für ein eindimensionales Modell und für ein zweidimensionales Modell mit den Dimensionen *Fachwissen* und *prozessbezogene Kompetenzen* geschätzt. Beide Modelle wurden in einer Dimensionsanalyse miteinander verglichen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen dem eindimensionalen und dem zweidimensionalen Partial-Credit-Modell sind in Tabelle 1 zu sehen:

Tab. 1: Vergleich des eindimensionalen mit dem zweidimensionalen Partial-Credit-Modell

Modell	Deviance	BIC	Chisq	df	p
Eindimensional	59219.78	61136.81	398.07	2	0
Zweidimensional	58821.71	60752.00	NA	NA	NA

Aus den Werten geht hervor, dass das zweidimensionale Modell mit den Dimensionen *Fachwissen* und *prozessbezogene Kompetenzen* zu bevorzugen ist, da dieses die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler besser abbildet als das eindimensionale Modell. Tabelle 2 zeigt die mit dem zweidimensionalen Modell geschätzten Kennwerte für beide Dimensionen:

Tab. 2: Kennwerte für die Dimensionen Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen

Dimension	EAP-Reliabilität	Varianz	Infit	Itemtrenn-schärfe
Fachwissen	.761	0.170	0.754 - 1.266	-0.591 - 0.455
Prozessbezogene Kompetenzen	.824	0.204	0.604 - 1.308	-0.562 - 0.535

Für beide Dimensionen liegen zufriedenstellende EAP-Reliabilitäten und Infit-Werte vor. Die Varianz fällt hingegen gering aus und auch die Itemtrennschärfe liegt nach Bond und Fox (2007) für die meisten Items nicht im optimalen Bereich.

Insgesamt konnte in der Pilotstudie gezeigt werden, dass die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler mit dem entwickelten Testinstrument objektiv und valide gemessen werden können. Auch die Reliabilität ist zufriedenstellend, kann jedoch verbessert werden. Um die Kompetenzen der Lernenden noch besser abbilden zu können, sollten zudem Maßnahmen zur Erhöhung der Varianz und der Itemtrennschärfe ergriffen werden.

Ausblick

Für die Messung der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Hauptstudie wird das Testinstrument zunächst überarbeitet. Da im Rahmen der Pilotstudie beobachtet werden konnte, dass viele Schülerinnen und Schüler bei Unsicherheiten bezüglich einer Antwortmöglichkeit häufig raten anstatt wie gewünscht kein Kreuz zu setzen, wird für die Hauptstudie eine zusätzliche Kategorie „weiß nicht“ zum Ankreuzen angeboten. Dadurch soll erreicht werden, dass die Schülerinnen und Schüler seltener raten und somit besser zwischen den Kompetenzen der Lernenden differenziert werden kann. Ziel ist dabei die Erhöhung der Varianz und Itemtrennschärfe.

Im Anschluss soll der überarbeitete Test in der Hauptstudie zur Beschreibung der Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase vom Sachunterricht zum Chemieunterricht eingesetzt werden. Die Stichprobe besteht aus Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 5 und 7, die jeweils zu zwei Messzeitpunkten (Anfang und Ende des Schuljahres) getestet werden. So kann die Kompetenzentwicklung für jede der Jahrgangsstufen in einem Längsschnitt und insgesamt in einem Quasi-Längsschnitt vom Beginn der Jahrgangsstufe 5 bis zum Ende der Jahrgangsstufe 7 betrachtet werden.

Literatur

Bond, T. G. & Fox, C. M. (2007). Applying the Rasch Model. Fundamental Measurement in the Human Sciences. (2. Auflage). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Bos, W.; Wendt, H.; Ünlü, A.; Valtin, R.; Euen, B.; Kasper, D. & Tarelli, I. (2012). Leistungsprofile von Viertklässlerinnen und Viertklässlern in Deutschland. In: Bos, W.; Tarelli, I.; Bremerich-Vos, A. & Schwippert, K. (Hrsg.). IGLU 2011: Lesekompetenzen von Grundschulkindern im internationalen Vergleich. München: WaxmannVerlag, S. 227-260.

Celik, K. N. & Walpuski, M. (2019). Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie. In: Maurer, C. (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Regensburg: Universität Regensburg, S. 472-475.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen - kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In: Kircher, E.; Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 657-678.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik (2. Auflage). Frechen: Ritterbach.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2008). Lehrplan Sachunterricht für die Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. Frechen: Ritterbach.

Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (20), 33-43.

OECD (2016). PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengerechtigkeit in der Bildung. OECD. PISA. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264267879-de.pdf?expires=1561383229&id=id&accname=guest&checksum=30E040D4A5995C037F367D6C418C09E1 [06.2019].

Ilse Bartosch Universität Wien

Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Physikunterricht

Präkonzepte spielen nicht nur beim Erlernen von physikalischen Konzepten, sondern auch in der Entwicklung des Professionswissen von Lehramtsstudierenden eine entscheidende Rolle. Diese oft tief verankerten Theorien über das Lehren und Lernen des Fachs transformieren das im Studium erworbene fachliche, pädagogische und fachdidaktische Wissen auf dem Weg zur performativen Ebene. Diese weitgehend unbewussten Konzepte, die in der Literatur oft auch als „implizites Wissen" bezeichnet werden (Fischler, 2007; Neuweg, 2002) bestimmen das unterrichtliche Handeln insbesondere in jenen unzähligen, wenig planbaren Unterrichtssituationen, in denen rasches situatives Handeln erforderlich ist

Modellierung des Professionswissen von Lehrkräften

Für die Modellierung des Professionswissens soll hier jenes Konzept herangezogen werden, das in den letzten 30 Jahren forschender Auseinandersetzung mit dem von Lee Shulman geprägten Begriff des Pedagogical Content Knowledge (PCK) entwickelt wurde (Gess-Newsome, 2015). Es umfasst neben der professionellen Wissensbasis berufsbiographische Elemente, wie teachers' beliefs, orientations und context, die als eine Art „amplifiers and filters", das im Studium erworbene Wissen auf dem Weg zur performativen Ebene transformieren und damit auch die Lernchancen von Schüler*innen beeinflussen.

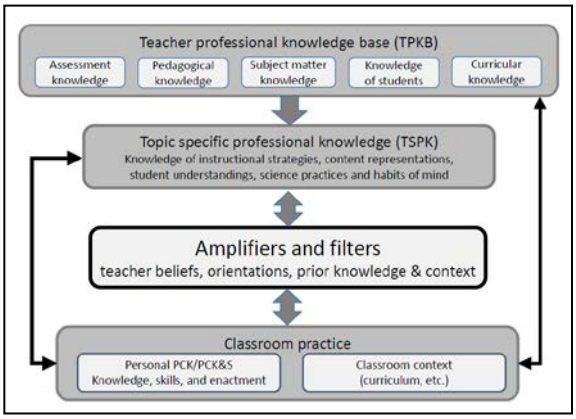


Abb. 1: Modell zum Professionswissen von Lehrkräften (verändert nach Gess-Newsome, 2015, S.3

Konkret wird eine situiert-kognitiven Perspektive des Modells der empirischen Analyse zugrunde gelegt. Diese dynamischen Konzeption geht davon aus, dass das Wissen von Lehrkräften erst in den unterrichtlichen Handlungen sichtbar und wirksam wird (vgl. Depaepe, Verschaffel, & Kelchtermans, 2013)[1].

Die hier präsentierte Arbeit geht von der Annahme aus, dass ein besseres Verständnis dieser Transformationsmechanismen von hoher Bedeutung für die Wirksamkeit von Lehrer*innenbildung ist. Insbesondere könnte der Zugang zu den impliziten Theorien Basis für eine bessere Fokussierung der Interventionen in den Praxisphasen bieten.

Forschungsdesign

Für die Erschließung des impliziten Wissens von Lehramtsstudierenden sollten die Teilnehmer*innen des Begleitseminars zur Schulpraxis für Bachelorstudierende des Lehramts Physik an der Universität Wien ein Bild zu zeichnen, das darstellt, wie sie in 10 Jahren vor der Klasse stehen werden und es mit zwei ergänzenden Sätzen kurz zu erklären. Die Bilder wurden

[1] Diese dynamische Konzeption wird an der Universität Wien im Rahmen der Forschungswerkstatt Qualitative Analyse von impliziten Theorien zu Gender und Fach (https://teaching-physics.univie.ac.at/forschung/projekte/) verfolgt. Die Überlegungen dieser Forschungswerkstatt finden in dieser Arbeit ihren Niederschlag.

präsentiert und anschließend von den Studierenden schriftlich reflektiert. Für die Hauptstudie werden die Bilder und Texte, die in den letzten sechs Semestern entstanden sind, herangezogen, um eine Antwort auf die Frage zu erhalten, inwiefern Zeichnungen einen Einblick in die impliziten Theorien von Lehramtsstudierenden ermöglichen. Zur Analyse der Zeichnungen wird die dokumentarische Methode (Bohnsack, 2013) herangezogen: Im Anschluss an die von Panofsky (1932) entwickelte Methode der Interpretation von Kunstwerken, werden Bilder auf zwei Ebenen analysiert:

- Auf der Ebene der *formalen Bildgestaltung* der *Ikonographie*, rekonstruieren die Interpret*innen zunächst, *WAS* ein Bild unabhängig von der je besonderen Darstellung zeigt, welche *„kommunikativ-generalisierbare Bedeutung"* (Bohnsack, 2013, S. 80) es hat.
- Auf der Ebene des *Sinngehalts* des Bildes, der *Ikonologie*, wird nach der eigentlichen Bedeutung, dem Ausdrucksgehalt, dem *Dokumentensinn* also dem „individuellen oder kollektiven Erlebniszusammenhang oder Erfahrungsraum" (ebd. S.81) des Dargestellten gefragt.

Erste Ergebnisse

In der Vorstudie wurden die Arbeiten von 11 Studierenden (7 Männer/4 Frauen) ausgewertet. Die Majorität der Arbeiten lässt sich zwei unterschiedlichen Typiken von Physikunterricht zuordnen:

- Lernendenzentrierter Unterricht (6 Studierende: 4 Männer/2Frauen)
- Lehrkraftzentrierter Unterricht (4 Männer)

Die Zeichnungen der beiden Typiken ähneln dabei einander in den grundlegenden Elementen der formalen Bildgestaltung, unterscheiden sich aber in der räumlichen Darstellung in den dargestellten Details und der Detailgenauigkeit der dargestellten Elemente.

Lehrkraftzentrierter Unterricht

Abb. 2, StW18/7

Anhand einer der drei Zeichnung (Abb.2), die dieser Typik zugeordnet wurden, soll das Analyseverfahren zunächst exemplarisch dargestellt werden. Allen dieser Typik zugeordneten Zeichnungen gemeinsam ist sowohl die formale Komposition als auch in ihrem symbolischen Sinngehalt.

Auf der Ebene der *Ikonographie* ist hier eine Person zentral und den Raum dominierend dargestellt. Sie sitzt mit überkreuzten Beinen auf einem Teppich. Ein Umhang ist um die Schultern gelegt. Die Person hält in der Rechten ein Buch, in der Linken einen Stab. Oberhalb dieser Person ist das Sonnensystem dargestellt. Zu Füßen dieser Person sind der Kopf und der Oberkörper von 5 Personen zu sehen, zum Teil von hinten zum Teil im Profil.

Auf der *ikonologischen* Ebene erweckt das Bild den Eindruck einer Darstellung eines Lehrers/Gurus mit seinen Jüngern. Das, was er verkündet – die Lehre vom Kosmos – schwebt gleichsam mystisch über allem. Es wird in Büchern offenbart, eines davon hält er in seiner Rechten. Dank seiner an Magie grenzenden Kräfte gelingt es dem Lehrer, das Wissen in die Köpfe der Köpfe der Schüler*innen zu zaubern und das soziale Geschehen zu kontrollieren. Hinter diesem Bild könnte zum einen eine Vorstellung von Physik als schwieriger, alles umfassender Wissenschaft stehen, zu der nur wenige Personen Zugang haben. Unterrichten wird eher als magische Gabe interpretiert denn als Ergebnis eines professionell gestalteten Vermittlungsprozesses.

Lernendenzentrierter Unterricht

Charakteristisch für jene sechs Zeichnungen, die dieser Typik zugeordnet wurden, ist die Organisation der Lernenden in Kleingruppen. Die mehr oder weniger dominant dargestellte Tafel weist auf den Kontext Schule hin. In einigen der Bilder werden physikunterrichtstypische Artefakte auf den Tischen liegend dargestellt. Im Folgenden sollen drei Zeichnungen (Abb. 3 bis5) vergleichend analysiert werden, die Untertypiken repräsentieren: Im Hinblick auf die formale Bildgestaltung unterscheiden sich die Zeichnungen primär in der Relation der Kleingruppe zur Großgruppe, der Position der Lehrperson sowie der Zugewandtheit der Lehrperson zu den Lernenden. So sind etwa in Abb.3 nur 2 Gruppen von Lernenden dargestellt, der Klassenverband fehlt. In den anderen beiden Zeichnungen hingegen wird deutlich, dass die Lernendengruppen Teil einer Klasse sind. Während insbesondere in Abb.5 eine klare Vorstellung einer Kommunikationsstruktur in einer Großgruppe sichtbar wird, könnte Abb.3 darauf hinweisen, dass der/die Studierende eine gute Vorstellung von sich in Kontakt mit einzelnen Schüler*innen hat, aber (noch) kein Bild für die Kommunikation mit der Großgruppe zur Verfügung hat. Insbesondere in Abb. 5 deutet der Zeichern/die Zeichnerin an, dass die Lehrperson mit allen Schüler*innen in Kontakt steht, in Abb.4 hingegen fehlt der Kontakt mit den Lernenden gänzlich. In manchen der Bilder wird Kommunikation als wesentliches Element – in einer eindeutigen Anordnung der Personen (Abb.3) oder aber auch in Symbolen – z.B. als Sprechblasen (Abb.5) dargestellt. In manchen Zeichnungen (Abb.3 und 5) sind die Gesichter der dargestellten Personen ausgeführt. Das könnte darauf hindeuten, dass die Schüler*innen als Individuen wahrgenommen werden.

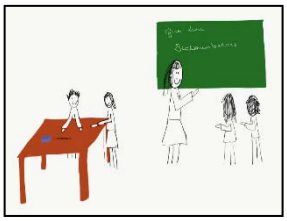


Abb.3: W18/1

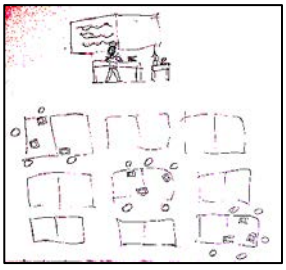


Abb.4: W18/13

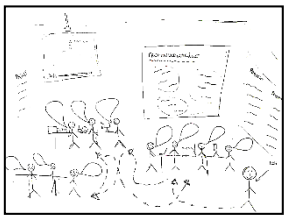


Abb. 5: W18/5

Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick

Die Ergebnisse Vorstudie deuten darauf hin, dass Zeichnungen eine potente Intervention sein könnten, um gemeinsam mit den Studierenden deren implizite Theorien auszuleuchten. Relationiert man nämlich die Zeichnungen mit den Gestaltungsmöglichkeiten von Unterricht, die Studierende während der Schulpraxis entwickeln und im Portfolio beschreiben, so zeigt sich eine erstaunliche Vorhersagekraft der Studierendenzeichnungen: So gelang es etwa StW18/5 in der Schulpraxis kreativ eine Vielfalt an Lerngelegenheiten anzubieten, während es St18/7 kaum gelang Klassengespräche erfolgreich zu choreographieren oder Lerninhalte didaktisch zu rekonstruieren. Das legt die Hypothese nahe, dass wenig reflektierte stereotype Vorstellungen vom Fach und deren Vertreter(innen) eher hinderlich für eine gelingende didaktische Gestaltung von Lernumgebungen ist. Für die Lehrer*innenbildung könnten Zeichnungen daher ein guter Ausgangspunkt sein die impliziten Theorien zu erschließen. Auf der einen Seite könnten die Bilder Ausgangspunkt für Interventionen von Mentor*innen in der Schulpraxis und Lehrenden in der Begleitlehrveranstaltung sein. Auf der anderen Seite könnten die Zeichnungen Studierenden helfen, deutlicher ihre Potentiale aber auch ihre Entwicklungsdesiderata zu erkennen. Interessant wird sein, inwiefern sich die Typiken in der Hauptstudie erweitern (z.B. um klassisch inszenierten Lehrervortrag in einer frontal ausgerichteten Sitzordnung), differenzieren und vervielfältigen. Insbesondere scheint es wert weiterzuverfolgen, inwiefern die Vorstellung vom Fach Physik mit den didaktischer Kreativität bei der Gestaltung von Lernumgebungen korreliert.

Literatur

Bohnsack, R. (2013). Die dokumentarische Methode in der Bild-und Fotointerpretation. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann, & A.-M. Nohl (Hrsg.), *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis* (pp. 75-98). Wiesbaden: Spirnger.

Depaepe, F., Verschaffel, L., & Kelchtermans, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education, 34*, 12-25. doi:https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001

Fischler, H. (2007). Fachdidaktik und Unterrichtsqualität im Bereich Naturwissenschaften. In Karl-Heinz Arnold (Ed.), *Unterrichtsqualität und Fachdidaktik.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gess-Newsome, J.. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. Results of the thinking from the PCK Summit. In Amanda Berry, Patricia Friedrichsen, & John Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28-42). New York: Routledge.

Mannheim, K. (1980). *Strukturen des Denkens. Hrsg. von David Kettler, Volker Meja und Nico Stehr*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.

Neuweg, H.-G. (2002). Lehrerhandeln und Lehrerbildung im Lichte des Konzepts des impliziten Wissens. *Zeitschrift für Pädagogik, 48*(1), 10-29.

Panofsky, E. (1932). Studien zur Ikonologie. Humanistische Themen in der Kunst der Renaissance. Köln. Dumont (Nachdruck 1980)

Shulman**,** L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.

Hoffmann, Clemens
Güngör, Lena Saniye
Albrecht, Reyk
Woest, Volker

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Führungsethik in der naturwissenschaftlichen Ausbildung

Die Frage danach, welche Kompetenzen für Naturwissenschaftler*innen aktuell und zukünftig Relevanz haben, um professionell handlungsfähig zu sein, geht über die Betrachtung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen hinaus. Vielmehr eröffnet sich ein umfassendes Kompetenzgefüge, das fachliche, soziale, selbstregulative und weitere Kompetenzen verknüpft. Diesem Zusammenspiel widmet sich das von der Carl-Zeiss-Stiftung geförderte Verbundprojekt „Führungsethik als Ethik in den Wissenschaften“. Mit Blick auf die hohe gesellschaftliche Verantwortung von Führungskräften bildet der Bereich der Führungsethik den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines kompetenzorientierten Lehr-Lern-Angebots. Im Rahmen dieses Angebots für Student*innen des MINT-Bereichs sollen Kompetenzen für ein verantwortungsvolles Handeln vermittelt werden, die bisher in den Curricula kaum verankert sind. Diese ergänzen dabei die naturwissenschaftlichen Kompetenzen. Besonderes Potential für ein solches Angebot bietet das Format des Blended Learning.

Das Projekt

Das Projekt „Führungsethik als Ethik in den Wissenschaften“ widmet sich der Konzipierung und Institutionalisierung universitärer Lehre im Bereich Ethik und Führungsverantwortung für Studierende der MINT-Fächer. Es handelt sich um ein Forschungs- und Netzwerkprojekt, das auf die Entwicklung von Inhalten und didaktischen Formaten zielt, die zunächst als ein Lehr-Lern-Angebot für sich stehen. Damit wird die Implementierung der entsprechenden Lerninhalte in die jeweiligen Fachcurricula vorbereitet. Zur Bearbeitung der grundsätzlich interdisziplinären Forschungsaufgaben sind verschiedene Kompetenzen notwendig, die von einem methodisch breit aufgestellten Team geleistet werden müssen. Am Verbundvorhaben beteiligt sind das Internationale Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW, Eberhard-Karls-Universität Tübingen), das Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung (Johannes-Gutenberg-Universität Mainz), das Wittenberg-Zentrum für Globale Ethik (WZGE) sowie die Arbeitsgruppe Chemiedidaktik und das Zentrum für Angewandte Ethik (Friedrich-Schiller-Universität Jena).

In der aktuellen Arbeitsphase wird der Begriff der Führung definiert und seine ethisch bedeutsamen Aspekte herausgearbeitet, um einen Bereich der führungsethischen Kompetenzen zu identifizieren. Von diesem Kompetenzbereich sollen Lernziele für die inhaltliche und methodische Ausgestaltung des geplanten Lehr-Lern-Angebots abgeleitet werden. Um die Zielgruppe, ihre Berufsperspektive sowie ihre Einstellungen und Überzeugungen zu den Themen Ethik und Führung besser kennenzulernen, wird im Wintersemester 2019/20 eine erste Erprobung in Form eines Kooperationsseminars zwischen der Angewandten Ethik und MINT-Studierenden durchgeführt.

Das Kompetenzgefüge

Bei der Betrachtung der Kompetenzen, welche für Berufe im MINT-Bereich aktuell und zukünftig Relevanz haben, um professionell handlungsfähig zu sein, eröffnet sich ein umfassendes Kompetenzgefüge, das fachliche, soziale, selbstregulative und weitere Kompetenzen verknüpft. Mit Blick auf die hohe gesellschaftliche Verantwortung von Führungskräften bildet

der Bereich der Führungsethik den Ausgangspunkt für ein kompetenzorientiertes Lehr-Lern-Angebot. Im Rahmen dieses Angebots sollen Studierende des MINT-Bereichs Kompetenzen vermittelt werden, die für ein verantwortungsvolles Handeln notwendig sind.

Grundlage für das Kompetenzgefüge bildet das Four Component Model of Ethical Decision Making nach Rest (1994), welches auf Lawrence Kohlbergs (Lind, 1992) Theorie der Moralentwicklung basiert und in Abbildung 1 in einer eigenen Darstellung gezeigt ist. Das Modell besteht aus vier einzelnen Komponenten: Erkennen, Bewerten, Entscheiden und Handeln. Die vier Komponenten, auch Prozesse genannt, stellen einzelne Stationen zur Ausführung einer moralischen Handlung dar und müssen nicht immer nach einander ablaufen, sondern können auch in „Rückwärts- und Vorwärtskopplungsschleifen“ (Rest, 1986) laufen, sich also gegenseitig beeinflussen. In diesem Sinne kann das Modell als Phasenmodell genutzt werden. Im Sinne eines Stufenmodells kann damit aber auch eine Aussage über die Fähigkeit, moralisch zu handeln, getroffen werden. Die Handlung stellt dabei die oberste Stufe dar, die erst erreicht werden kann, wenn die zugrundeliegenden Stufen gemeistert wurden. Das moralische Handeln kann somit auch als ein Kompetenzbereich beschrieben werden. Mit Blick auf die Situation von Führungskräften sprechen wir deshalb von Moral als professioneller Handlungskompetenz. Professionelle Handlungskompetenz setzt sich wiederum aus fünf Kompetenzbereichen zusammen (Baumert & Kunter, 2006): Professionswissen, Überzeugungen, Werthaltungen und Professionsmoral, motivationale Orientierungen sowie Selbstregulation. Kompetenzbereiche und Stufen bzw. Komponenten können einander nicht spezifisch zugeordnet werden. Vielmehr geht auf dem Weg zur moralischen Handlung mit Höhe der Stufe eine stärkere Ausprägung in allen fünf Kompetenzbereichen einher. Um die nächst höhere Stufe zu erreichen müssen dann Kompetenzen in den entsprechenden Kompetenzbereichen aufgebaut werden. Im Rahmen des Verbundprojekts wurde sich dazu entschieden, den Weg von einer moralischen Situation hin zu einer moralischen Handlung durch drei Phasen zu charakterisieren: die Phase der Aufmerksamkeit, die Phase der ethischen Urteilsbildung und die Phase der Umsetzung. Durch diese Phasen werden einzelne Kompetenzfelder gebildet, an denen sich ein Lehr-Lern-Angebot orientiert. Besondere Beachtung findet dabei die Phase der ethischen Urteilsbildung, da davon ausgegangen werden kann, das eine Kompetenzsteigerung in dieser Phase auch Einfluss auf die beiden angrenzen Phasen hat.

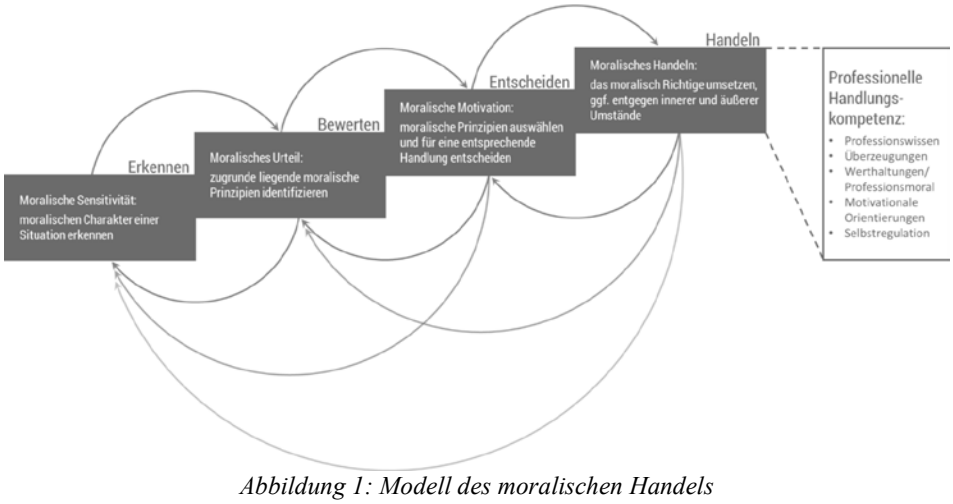


Abbildung 1: Modell des moralischen Handels
eigene Darstellung nach Rest (1994) und Baumert & Kunter (2006)

Die Erprobung
Die Erprobung, die in Form einer Seminarreihe mit einem Umfang von fünf Einheiten á drei Stunden stattfindet, schafft ein erstes Angebot. Ausgehend von den eigenen Berufsvorstellungen von MINT-Studierenden werden die Bedeutung von Führung und Ethik im späteren Berufsalltag besprochen sowie einzelne Teilaspekte aus diesen Themengebieten zielgruppenspezifisch vertieft. Ziel ist es die Zielgruppe und ihre Besonderheiten, wie die biografische Distanz zur Führungsrolle, der fehlende Bezug zu Ethik, das fachfremde Lernen und die hohe Arbeitsbelastung durch ein ohnehin schon anspruchsvolles Studium, kennenzulernen. Dabei soll eine möglichst gute Passung des Lehr-Lern-Angebots und darauf aufbauend einen möglichst großen Kompetenzgewinn erreicht werden.

Inhaltlich gliedert sich die Seminarreihe in fünf Blöcke:
- Bedeutsamkeit von Führung, Führungskompetenz und Moral
- Selbstführung und Achtsamkeit
- Fremdführung (direkte und indirekte Führung)
- Organisationale Führung und Verantwortung
- Abschluss, Transfer und Ausblick für das spätere Berufsleben

Ausblick
Die Erprobung im Wintersemester 2019/20 repräsentiert nicht das gesamte Lehr-Lern-Angebot. Vielmehr sollen im Sinne eines Entwicklungsprozesses erste Erfahrungen mit der Zielgruppe gemacht werden, welche dann in Gestaltung des Angebots mit einfließen. Die Zielgruppe wird durch MINT-Studierende gebildet, denen mit dem Thema Führungsethik ein fachfremder Inhalt präsentiert und nähergebracht werden soll. Zu der fachlichen kommt durch die Perspektive auf den späteren Berufsalltag eine biografische Distanz hinzu. Beide stellen mögliche Herausforderungen für eine gelingende Lehrveranstaltung dar. Um diesen zu begegnen müssen effektive Formate und Methoden entwickelt werden, die es erlauben Grundlagenwissen zu vermitteln und gleichzeitig Gesprächsanlässe und Reflexionsgelegenheiten bieten.

Der erste umfassende Entwurf eines Lehr-Lern-Angebots wird unter Zusammenarbeit der Projektpartner bis zum Wintersemester 2020/21 entwickelt und mindestens am Standort Tübingen erprobt. Neben der Entwicklung geeigneter Lern-Formate werden dazu parallel die Begriffe Führung und Führungsethik theoretisch aufgearbeitet und als Lern-Inhalte definiert. Zusätzlich wird ein passendes Evaluationskonzept erarbeitet, mit dem die Wirkungen des Lehr-Lern-Angebots eingeschätzt werden können.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520.

Lind, G. (1992). Rekonstruktion des Kohlberg-Ansatzes: Das Zwei-Aspekte-Modell der Moralentwicklung. In F. Oser & W. Althof (Hrsg.). Moralische Selbstbestimmung (204-208). Stuttgart: Klett-Cotta.

Rest, J. (1986). Moral Development: Advances in research and Theory. New York: Praeger.

Rest, J. (1994). Background: Theory and research. In J. Rest & D. Narvaez (Hrsg.), Moral development in the professions: Psychology and applied ethics (1-26). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Florian Seiler Universität Regensburg
Oliver Tepner

Evaluation eines Seminars zur Planung selbstgesteuerter Experimente

Theoretischer Hintergrund

Während Schülerexperimente im naturwissenschaftlichen Unterricht als wichtige Methode zum Kompetenzerwerb angesehen werden, gibt es einen Dissens über ihre tatsächliche Lernwirksamkeit (Kechel, 2016). Die Art der Gestaltung und Einbettung der Experimentierprozesse ist entscheidend für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (Wahser & Sumfleth, 2008; Kechel, 2016; Walpuski & Hauck, 2017). Für eine angemessene Planung selbstgesteuerter Experimentierprozesse bedarf es einiger Kriterien, die wechselseitig aufeinander abgestimmt werden müssen. Dazu zählen die Anpassung des Experimentierprozesses an vorher klar definierte und transparente Lernziele, die ziel- und adressatenorientierte offene Gestaltung, sowie Strukturierungs- und Unterstützungsmaßnahmen während des Experimentierens (Hofstein & Lunetta, 2004; Koenen, Emden & Sumfleth, 2016; Priemer, 2011; Thillmann, 2008; Hänze et al., 2010; Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Zusätzlich müssen die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler in die Planung einbezogen werden (Börlin, 2012; Koenen et al., 2016). Dazu zählt neben der Einbettung des Experiments in einen für Schülerinnen und Schüler relevanten lebensweltlichen oder fachimmanenten Kontext auch die Anpassung der Offenheit und Unterstützung an das jeweilige Vorwissen der Schülerinnen und Schüler (Börlin, 2012, Koenen et al., 2016; Koenen & Kirstein, 2017). Das Wissen über Experimentierprozesse und deren Einsatz im Unterricht werden dabei als wichtige Bestandteile des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften erachtet (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Für das Planen von Experimenten im naturwissenschaftlichen Kontext können Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) als mediierender Faktor berücksichtigt werden (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Um Chemielehramtsstudierende an die Planung von selbstgesteuerten Experimentierprozessen heranzuführen, wurde eine Planungshilfe erstellt. Diese verortet die oben genannten Kriterien innerhalb des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). In diesem Modell werden die fachliche Klärung, die Lernerperspektive und die didaktische Strukturierung (Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen) systematisch aufeinander bezogen und in Beziehung gesetzt (Kattmann, 2007). Die Formulierung von klaren überprüfbaren Lernzielen und die Gestaltung von Experimentierprozessen hinsichtlich Offenheit, Unterstützung, Einbettung etc. können im Modell der didaktischen Strukturierung zugeordnet werden.

Bei den im Seminar verwendeten Feedbackverfahren handelt es sich um ein Peer Review Verfahren, bei dem jeder Seminarteilnehmer sowohl Feedback gibt, als auch selbst erhält (Nicol, Thomson & Breslin, 2014). Studien zur Schreibqualität in Physik zeigen, dass nicht nur das Erhalten, sondern vor allem auch das Geben von Feedback einen lernförderlichen Effekt haben kann (Cho & Cho, 2011). Außerdem scheint das Feedback von mehreren Feedbackgebern einen Vorteil gegenüber dem Feedback von nur einem Feedbackgeber zu haben (Cho & MacArthur, 2010). Die Beschäftigung mit dem Feedback in Form der Selbstreflexion stellt dabei eine wichtige Grundlage für die Lernwirksamkeit des Feedbacks dar (Nicol, Thomson & Breslin, 2014).

Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Förderung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse

- Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse
- Entwicklung und Evaluation eines Kodiermanuals zur Analyse der Planungskompetenzen der Studierenden

Forschungsfragen
- FF 1: Kann die Planungskompetenz der Studierenden bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse im Rahmen des konzipierten Seminars gefördert werden?
- FF 2: Kann das experimentell-fachdidaktische Wissen durch Teilnahme am Seminar gesteigert werden?
- FF 3: Inwiefern entwickeln sich die geplanten Experimentierprozesse der Studierenden im Verlauf des Seminars?

Design und Methoden
Bei der Prätestung wird zu Beginn des Seminars das experimentell-fachdidaktische Wissen, die Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse, sowie Kontrollvariablen, Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden durch Paper-Pencil-Tests erhoben. Das experimentell-fachdidaktische Wissen wird mit Hilfe eines Tests adaptiert nach Backes, Sumfleth & Tepner (2012) erfasst. Zur Untersuchung der Planungskompetenz wurde ein Test entworfen, bei dessen Bearbeitung die Studierenden ausgehend von einer vorgegebenen Experimentieranleitung zum Thema „unedle Metalle in verdünnten sauren Lösungen“ einen möglichst selbstgesteuerten Experimentierprozess planen sollen. Zur Auswertung soll ein Kodiermanual entwickelt und evaluiert werden.
Ähnlich einer Learning Study hat das Seminarkonzept eine zyklische Struktur und ermöglicht Prozesse der Planung, des Feedbacks, der Selbstreflexion und der Optimierung (Nilsson, 2014). Nach einer theoretischen Einführung zum Einsatz und zur Gestaltung von Schülerexperimenten planen die teilnehmenden Studierenden, ausgehend von den ihnen zugeteilten Lehrplanthemen, je zwei selbstgesteuerte Experimentierprozesse. Die entsprechenden Experimente werden in einer Experimentierphase zunächst selbst durchgeführt. Im Verlauf des nächsten Seminartermins werden die erstellten Entwürfe von den Kommilitonen getestet und mittels Feedbackbogen evaluiert. Beim dritten Seminartermin reflektieren die Studierenden auf Grundlage der ausgefüllten Feedbackbögen ihre eigenen Entwürfe. Diese Abfolge wird im Laufe des Seminars dreimal wiederholt. Ein detaillierter Ablauf wird bei Seiler & Tepner (2019) dargestellt.
Durch den zyklischen Ablauf des Seminars ergeben sich sechs Messzeitpunkte, an denen die geplanten Experimentierprozesse (Entwürfe) der Studierenden erhoben werden. Diese werden jeweils vor der Testung durch die Kommilitonen und nach der Reflexion abgegeben. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage sollen diese Entwürfe qualitativ untersucht werden. Das Seminar endet mit einem Posttest, in dem erneut das experimentell-fachdidaktische Wissen, die Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse, Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen erhoben werden.

Anpassungen nach der Pilotierung 1
Nach der Pilotierung 1 wurde von den teilnehmenden Studierenden ein Evaluationsbogen mit teils offenem teils geschlossenem Format ausgefüllt. Auf Grundlage dieses Feedbacks wurden vor der Pilotierung 2 ausgewählte Aspekte verändert. Beispielsweise wurden die Inhalte anhand ausgewählter Beispiele konkretisiert, die Planungshilfe vereinfacht und der eingesetzte Feedbackbogen zur Konkretisierung erweitert.

Erste Ergebnisse der Pilotstudien

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf den Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen und auf zwei der vier Skalen zur Selbstwirksamkeitserwartung (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Da die Stichprobengrößen z. T. gering, aber die gefundenen Effektstärken z. T. groß sind, werden die Ergebnisse der einzelnen Teilstudien vergleichend dargestellt. Diese sind vorsichtig als Hinweise für die dargestellten Befunde zu interpretieren.

Mit einem Cronbach's Alpha von .80 weist der PCK-Test eine gute Reliabilität auf. Nachdem einige ausgewählte Aspekte zwischen den beiden Pilotstudien verändert wurden, konnte mithilfe einer Varianzanalyse ein signifikanter Einfluss der Studienzugehörigkeit auf das Posttest-Ergebnis nachgewiesen werden ($F = 7.547$, $p = .0124^{*}$, $\eta^2 = 0.261$). Das bedeutet, dass die Pilotierungsstichprobe 2 im Posttest signifikant besser abschneidet, als die Pilotierungsstichprobe 1. Die beiden Stichproben unterscheiden sich zum Messzeitpunkt 1 nicht signifikant voneinander ($t(27) = 0.42$, n.s.), sodass davon auszugehen ist, dass sie der gleichen Grundgesamtheit angehören und somit statistisch vergleichbar sind. Das bessere Abschneiden der Pilotierungsstichprobe 2 im Vergleich zur Pilotierungsstichprobe 1 kann ein Hinweis darauf sein, dass die oben genannten Optimierungs- und Konkretisierungsmaßnahmen gewinnbringend sind. Insgesamt konnte für beide Pilotierungsstudien ein Wissenszuwachs im experimentell-fachdidaktischen Wissen beobachtet werden, der nur im Falle der zweiten Pilotierung signifikant wird. Mittels Cohen's d konnten mittlere (Pilotierung 1) bis sehr hohe (Pilotierung 2) Effektstärken berechnet werden.

Die beiden Skalen zu den Selbstwirksamkeitserwartungen weisen durchgehend eine gute Reliabilität auf. Bei den Selbstwirksamkeitserwartungen zeigt sich stichprobenübergreifend eine hoch-signifikante Verbesserung mit sehr hohen Effektstärken. Über beide Pilotierungsstudien hinweg scheinen die Studierenden ihre Kompetenzen bezüglich der Planung und Durchführung von Experimenten nach dem Seminar hoch-signifikant besser einzuschätzen, als vor dem Seminar.

Tabelle 1: Ergebnisse des PCK-Tests und der SWE zur Planung und Durchführung von Experimenten

	Pilotierung 1	**Pilotierung 2**	**Pilotierung 1 + 2**
experimentell-fachdidaktisches Wissen Reliabilität: $\alpha = .80$	$t(16) = 1.63$ $p = .12$ $d = .40$	$t(6) = 2.78$ $p = .03^{*}$ $d = 1.05$	$t(23) = 2.88$ $p < .01^{**}$ $d = 0.59$
Selbstwirksamkeitserwartungen			
Planung von Experimenten Reliabilität: $\alpha = .86$	$t(16) = 4.86$ $p < .001$ $d = 1.18$	$t(6) = 4.61$ $p < .01$ $d = 1.74$	$t(23) = 6.53$ $p < .001$ $d = 1.33$
Durchführung von Experimenten Reliabilität: $\alpha = .86$	$V = 105$ $p < .0001$ $d = 1.06$	$t(6) = 3.74$ $p < .01$ $d = 1.41$	$V = 210$ $p < .001$ $d = 1.14$

Ausblick

Im Wintersemester 2019/20 beginnt die Hauptstudie. Um Aussagen über die Planungskompetenz der Studierenden zu ermöglichen, wird das oben genannte Kodiermanual fertiggestellt und evaluiert. Eine qualitative Analyse der im Rahmen des Seminars entstandenen Entwürfe soll Aufschluss über die Entwicklung der Experimentierprozesse über den Seminarzeitraum hinweg geben. Ergänzend werden in der Hauptstudie mögliche Probleme erhoben, die bei den Studierenden während der Planung der Experimentierprozesse auftreten.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23* (1), 21–37.

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften. Unveröffentlichtes Manuskript*, Essen.

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 132). Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl.

Cho, K. & MacArthur, C. (2010). Student Revision with Peer and Expert Reviewing. *Learning and Instruction, 20,* 328–338.

Cho, Y. H. & Cho, K. (2011). Peer reviewers learn from giving comments. *Instructional Science, 39* (5), 629–643.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19,* 7–30.

Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II: Ein Praxishandbuch für Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe II* (S. 63–73). Weinheim: Beltz.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education. Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88* (1), 28–54.

Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (Springer-Lehrbuch, S. 93–104). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3,* 3–18.

Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (Ganz In - Materialien für die Praxis). Münster: Waxmann.

Koenen, J. & Kirstein, D. (2017). Ein unbekanntes Gas identifizieren. Öffnungsgrade von Experimentiersituationen. *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie, 28,* 14–18.

Nicol, D., Thomson, A. & Breslin, C. (2014). Rethinking feedback practices in higher education: a peer review perspective. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 39* (1), 102–122.

Nilsson, P. (2014). When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education, 36* (11), 1794–1814.

Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17,* 315–337.

Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18,* 293–315.

Seiler, F. & Tepner, O. (2019). Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (Bd. 39, S. 858–861). Regensburg.

Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.

Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 219–241.*

Walpuski, M. & Hauck, A. (2017). Experimente und Lernerfolg. Wie können Experimentierphasen optimiert werden, um Interesse und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen? *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie, 28,* 8-13.

Zeki Yavuz Universität Duisburg-Essen
Sebastian Habig
Miriam Morek
Mathias Ropohl

Fachsprachliche Kompetenzen durch Schreibfördermaßnahmen entwickeln

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Die Verknüpfung von fachlichem und fachsprachlichem Lehren und Lernen, sowohl in schriftlicher als auch mündlicher Form, hat in den letzten Jahren im bildungs- und forschungspolitischen Diskurs der Fachdidaktiken an Bedeutung gewonnen (Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann & Vollmer, 2013; Härtig, Bernholt, Prechtl & Retelsdorf, 2015). Dies liegt unter anderem an den Ergebnissen des nationalen und internationalen Bildungsmonitorings, die gezeigt haben, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen der zuhause gesprochenen Sprache und den erworbenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern gibt (Pohlmann, Haag & Stanat, 2012; Rauch, Mang, Härtig & Haag, 2016; Rost, Prenzel, Carstensen, Senkbeil & Groß, 2004). In den Naturwissenschaften scheint dieser Zusammenhang besonders ausgeprägt zu sein. Dieser Befund kann als ein Beleg für die hohe Bedeutung von Kompetenzen in der Unterrichtsprache für den Kompetenzerwerb in den Naturwissenschaften gesehen werden (Härtig, Bernholt, Prechtl & Retelsdorf, 2015). Speziell für das Fach Chemie gibt es weitere empirische Belege für diesen Zusammenhang (Özcan, 2013; Ropohl, Walpuski & Sumfleth, 2015). Es gilt im Allgemeinen als gesichert, dass Schülerinnen und Schüler „nicht an fachlichen, sondern eher an fachsprachlichen Anforderungen scheitern, die vielfach lexikalischer oder syntaktischer Natur sind, aber auch der besonderen Struktur von Fachtexten geschuldet sind (Schneider et al., 2012, S. 106). Der Aufbau von „fachbezogenen Verstehens- und Mitteilungsfähigkeiten“ (Becker-Mrotzek, 2013, S. 7) geschieht nicht selbstständig, sondern muss „explizit und systematisch in einem guten Fachunterricht mit vermittelt werden“ (ebd., S. 7). Dies soll durch eine Förderung der sprachlichen Kompetenzen gelingen. Ein wichtiger Bereich der Sprachförderung, gerade mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht, ist die Textproduktion, die lexikalisches und grammatikalisches Wissen sowie Wissen über Textmuster und Schrift umfasst (Bachmann & Becker-Mrotzek, 2017; Becker-Mrotzek & Böttcher, 2006; Sumfleth & Özcan, 2016). Schülerinnen und Schüler müssen naturwissenschaftliche Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache beschreiben, veranschaulichen und erklären können (KMK, 2005). Doch gerade das Berichten und das Protokollieren in den Naturwissenschaften gelten als besonders schwierige Schreibaufgaben (Becker-Mrotzek & Böttcher, 2006), nicht zuletzt wegen der dabei genutzten unterschiedlichen sprachlichen Ebenen (Leisen, 2010). Grundsätzlich muss im Hinblick auf die Lernwirksamkeit möglicher Fördermaßnahmen jedoch hervorgehoben werden, dass „für die Sekundarstufe I […] insgesamt betrachtet nur wenig empirisch gut gestützte Befunde vor[liegen]“ (Schneider et al., 2012, S. 106). Dies gilt für alle Bereiche von Sprache, auch für das Schreiben von Texten wie Berichten oder Protokollen (Schneider et al., 2012). Darüber hinaus liegen kaum Befunde über differentielle Wirkungen von Fördermaßnahmen vor dem Hintergrund unterschiedlicher sprachlicher Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler vor. Diese Desiderate gilt es im Rahmen chemiedidaktischer empirischer Forschung als Grundlage für die Entwicklung individueller und adaptiver Lerngelegenheiten zu untersuchen.

Hinreichend bekannt sind in den naturwissenschaftlichen Fächern die Besonderheiten der jeweiligen Fachsprache im Unterschied zur Alltagssprache auf unterschiedlichen sprachlichen Ebenen. Auf der Wortebene werden Begriffe verwendet, deren alltagssprachliche Bedeutung vermutlich bekannt ist, die aber im Fachkontext eine andere

Bedeutung haben z.B. *Fett*, *Salz*, *lösen*. Die Satzebene ist zumeist von einem Ausdruck der Unpersönlichkeit geprägt, die sich durch die Verwendung von Passivkonstruktionen bemerkbar macht. Auf der Textebene ist die chemische Fachsprache durch die Verwendung von Adverbien (damit, deswegen, daher), die auf den vorherigen Satz verweisen und dadurch einen Bezug zum Text herstellen, charakterisiert. Darüber hinaus gibt es typische Textsorten wie das Versuchsprotokoll mit einer klaren Struktur und immer gleicher Abfolge von Rubriken/Abschnitten (Beese et al, 2014; Emden, Koenen & Sumfleth, 2013). Wegen dieser Besonderheiten haben Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten beim Erwerb naturwissenschaftlicher Fachsprache, beispielsweise haben sie einen begrenzten Wortschatz, vermischen Alltags- und Fachsprache oder vermeiden ganze Sätze (Sumfleth & Pitton, 1998).
Diesen Schwierigkeiten kann mit Methoden der Sprachförderung begegnet werden (Agel, Beese & Krämer, 2012; Sumfleth, Emden & Özcan, 2013). Eine Möglichkeit ist der sprachsensible Fachunterricht, bei dem „Sprache an und mit der Sache (den Fachinhalten) gelernt wird“ (Leisen, 2010, S. 6). Wenn in den Naturwissenschaften Sprache an und mit der Sache gelernt wird, dann bedeutet das, dass Sprache unter anderem beim Aufbau naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gelernt wird. Leisen (2010) schlägt deshalb für sprachsensiblen Fachunterricht Strategien vor, die sowohl die Textproduktion als auch den fachlichen Kompetenzerwerb fördern sollen. Die differenzielle Bewertung dieser Strategien bezüglich ihrer Wirkweisen und -stärken beim Einsatz im Chemieunterricht muss Gegenstand weiterer empirischer Forschung sein.

Forschungsfrage
Vor dem theoretischen Hintergrund und dem aufgezeigten Forschungsbedarf fokussiert das Projekt folgende Forschungsfrage:

Inwiefern wirken Strategien der Sprachförderung auf die fachsprachliche Qualität von selbst geschriebenen Texten beim forschenden Lernen im Fach Chemie bei Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen sprachlichen Voraussetzungen?

Forschungsdesign und Forschungsinstrumente
Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird eine Interventionsstudie im Chemieunterricht durchgeführt. Als Stichprobe werden $N = 550$ Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 8 von unterschiedlichen Schulformen in Nordrhein-Westfalen avisiert. Vor der Interventionsphase wird eine Fördermaßnahme für fachsprachliche Kompetenzen entwickelt. Diese Förderung soll speziell das Schreiben von Texten unterstützen, insbesondere im Rahmen von Experimentierphasen. In der Intervention werden drei Strategien der Schreibförderung als Ausprägungen der unabhängigen Variable variiert: (1) nach einem Mustertext schreiben (Förderung auf Textebene), (2) mit Satzbausteinen schreiben (Förderung auf Satzebene) und (3) mit Wortschatzhilfen schreiben (Förderung auf Wortebene). Durch die Intervention sollen die fachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sowie die fachsprachlichen Kompetenzen als abhängige Variablen gefördert werden. Es wird erwartet, dass die Strategien auf beide abhängigen Variablen einen Einfluss haben, da die Strategien zur Schreibförderung auch fachliche Informationen enthalten. Neben den Experimentalgruppen wird es eine Kontrollgruppe geben. Die Probandinnen und Probanden werden auf Schülerebene per Zufall einer der vier Bedingungen zugeordnet. Zur Erhebung der fachsprachlichen Kompetenzen wird zum Prä- und Postzeitpunkt eine offene Aufgabenstellung verwendet, in der die Probandinnen und Probanden ähnlich wie in der Intervention einen Text schreiben müssen. Zur Kontrolle von Personenmerkmalen werden die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie das Wissen im Fach Chemie zum Prä- und Postzeitpunkt (Celik & Walpuski, 2018) erhoben.

Die Intervention wird wie folgt gestaltet: Als Ausgangssituation wird den Probandinnen und Probanden in jeder der vier Bedingungen zu Beginn jeder Interventionsstunde ein Video auf einem Tablet gezeigt. Die Videos zeigen entweder ein Experiment zur Einführung einer Fragestellung (1. Stunde), ein Experiment zur Überprüfung eines Lösungsvorschlags (2. Stunde) oder Ergebnisse einer Experimentbeobachtung in Form von Daten (3. Stunde). Zu den Videos gibt es eine Aufgabenstellung (z. B. für die 2. Stunde: „Du siehst gleich einen Film über ein Experiment. Schau dir genau an, was du in dem Film siehst. Schreibe auf, wie das Experiment durchgeführt wird. Notiere es so, dass ein Mitschüler das Experiment nach deinen Anweisungen durchführen könnte.). Beide Teile zusammen bilden ein Video-Item (vgl. Engl et al., 2015), das einen Schreibanlass im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen schafft. Basierend auf den Videos schreiben die Probandinnen und Probanden in der ersten Stunde in jeder der Bedingungen Forschungsfragen und Vermutungen zu diesen Fragen auf, in der zweiten Stunde notieren sie ein Experimentdesign und in der dritten die Auswertung zum Experiment.
Die in der Intervention von den Schülerinnen und Schülern produzierten Texte (3 je Probandin bzw. Proband) werden anhand von sprachlichen und fachsprachlichen Kriterien bewertet. Zur fachsprachlichen Bewertung werden die von Beese et al. (2014) sowie von Leisen (2010) genannten Merkmale berücksichtigt. Der Fokus liegt dabei auf morphologischen und syntaktischen Besonderheiten von naturwissenschaftlicher Fachsprache. Bei der Anwendung des Rasters zur Analyse sprachlicher und fachsprachlicher Merkmale werden die Texte der Probandinnen und Probanden hinsichtlich der einzelnen Merkmale von zwei geschulten Ratern unabhängig voneinander bewertet. Anschließend wird die Übereinstimmung der Bewertungen mittels Cohens-Kappa κ bestimmt

Erwarteter Ertrag
Es wird vermutet, dass die Probandinnen und Probanden in Abhängigkeit von ihren sprachlichen Voraussetzungen in unterschiedlichem Maße von den für die Intervention gewählten Strategien profitieren werden. Aufgrund der Anlage der Strategien muss davon ausgegangen werden, dass die Strategie „nach einem Mustertext schreiben“ eher Schülerinnen und Schüler mit sehr ungünstigen sprachlichen Voraussetzungen bei der Textproduktion unterstützt, während Schülerinnen und Schüler mit sehr günstigen Voraussetzungen nicht unterstützt oder sogar beim Kompetenzerwerb behindert werden (expertise reversal effect). Die Strategie „mit Satzbausteinen schreiben“ unterstützt Schülerinnen und Schüler mit mittleren sprachlichen Fähigkeiten, indem sie diesen eine sprachliche Strukturierungshilfe für einen Text bietet. Die Strategie „mit Wortschatzhilfen schreiben“ wird für Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Voraussetzungen kaum lösbar sein, während Schülerinnen und Schüler mit sehr günstigen Voraussetzungen bei der Textproduktion profitieren sollten, da für sie die Vorgabe von Fachbegriffen ausreicht, um einen Schreibprozess zu initiieren. Hinsichtlich des fachlichen Kompetenzerwerbs der Probandinnen und Probanden werden von den drei Strategien ebenfalls Wirkungen erwartet. Da die Strategien allerdings vorwiegend auf die Sprachförderung ausgerichtet sind, ist eine Vorhersage differentieller Wirkungen nicht möglich. Im Rahmen der Auswertung sollen diese analysiert werden.

Literatur

Agel, C., Beese, M. & Krämer, S. (2012). Naturwissenschaftliche Sprachförderung. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(1), 36-43.

Bachmann, T. & Becker-Mrotzek, M. (2017). Schreibkompetenz und Textproduktion modellieren. In M. Becker-Mrotzek, J. Grabowski & T. Steinhoff (Hrsg.). *Forschungshandbuch empirische Schreibdidaktik* (S. 25-54). Münster: Waxmann.

Becker-Mrotzek, M. & Böttcher, I. (2006). *Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen*. Berlin: Cornelsen.

Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C. & Oleschko, S. (2014). Sprachbildung in allen Fächern. München: Klett-Langenscheidt.

Busch, H. & Ralle, B. (2011). Fachbegriffe und ihre Bedeutung. *Naturwissenschaften im Unterricht* – Chemie, 22 (124/125), 52-55.

Celik, K. N. & Walpuski, M. (2018). Learning Progression – Erwerb von fachlichen Kompetenzen in Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 142). Universität Regensburg.

Engl, L., Schumacher, S., Sitter, K., Größler, M., Niehaus, E., Rasch, R., Risch, B. (2015). Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der Protokollierfähigkeit – initiiert durch Video-Items. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 223-229.

Fluck, H.-R. (1997). *Fachdeutsch in Naturwissenschaft und Technik. Einführung in die Fachsprachen und die Didaktik/Methodik des fachorientierten Fremdsprachenunterrichts* (Deutsch als Fremdsprache). Heidelberg: Julius Groos.

Härtig, H., Bernholt, S., Prechtl, H., & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21*(1), 55-67.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12 + R).* Göttingen: Hogrefe.

KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss.* München: Wolters Kluwer.

Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis.* Bonn: Varus.

Pöhlmann, C., Haag, N. & Stanat, P. (2013). Zuwanderungsbezogene Disparitäten. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (S. 297–330). Münster: Waxmann.

Rauch, D., Mang, J., Härtig, H. & Haag, N. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz von Schülerinnen und Schülern mit Zuwanderungshintergrund. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, O. Köller (Eds.), PISA 2015. *Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 317-347). Münster: Waxmann.

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235-260.

Schneider, W., Baumert, J., Becker-Mrotzek, M., Hasselhorn, M., Kammermeyer, G., Rauschenbach, T., Stanat, P. (2012). *Expertise „Bildung durch Sprache und Schrift (BISS).* Verfügbar unter: www.bmbf.de/files/BISS_Expertise.pdf (11.09.2018)

Sumfleth, E., Emden, M. & Özcan, N. (2013). Fachsprachenförderung im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, 24*(138), 30-35. Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4*(2), 4-20.

Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4*(2), 4-20.

Claudia Feuro-Hintze
Jens-Peter Knemeyer
Nicole Marmé

Pädagogische Hochschule Heidelberg

Die Wirkung von Ordnungsmarkern auf die Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Texte

Motivation und Ausgangspunkt der Studie

Die Bedeutung der Textverständlichkeit für das naturwissenschaftliche Lernen und die Relevanz von Sprache als textkonstituierendes Mittel für die Textqualität ist heutzutage sowohl in der Sprachwissenschaft als auch in der Didaktik allgemein anerkannt (u.a. Starauschek 2010, Härtig et al. 2015 und Ahrenholz, Hövelbrinks & Schmellentin 2017). Nicht nur SchülerInnen sind dabei betroffen, sondern auch Lehrende. Sprache lernen und lehren befindet sich in einem komplexen Themenbereich, in dem ein mehrperspektivischer Ansatz vonnöten ist. Damit die Wissensvermittlung in der Schule anhand von Texten gelingt, ist es wünschenswert, dass auch Lehrende eines Sachfachs ihre linguistischen Textkompetenzen erweitern. Dies kann durch einen tieferen Blick für Fragestellungen der Sprachbeschreibung in einer konkreten Unterrichtssituation (vgl. Kilian 2013, S. 70, Sennema & Wiażewicz 2017, S. 119-120) erfolgen.

Die kontrastive, idiomatische Verwendung von Verknüpfungselementen in Fachtexten gilt als eine besondere Herausforderung, nicht nur für Produzenten, sondern auf für Rezipienten. Das Üben im bilingualen Lehren und Lernen wird auch als ein wichtiges Thema in der Didaktik angesehen. Cartagena und Gauger (1989, S. 400) beispielsweise verdeutlichen den Vorteil der kontrastiven Untersuchung mit folgender Aussage: „[W]er vergleicht, sieht anders: er sieht mehr und schärfer; es fällt ihm mehr auf, und es fällt ihm mehr ein.“ So ist das Vergleichen von kohäsionsstiftenden und strukturierenden sprachlichen Mitteln in zwei Sprachen ein methodisches Vorgehen, das sich auf die linguistische Analyse und auf die Mehrsprachigkeitsdidaktik erkenntnisfördernd auswirkt.

Ein zentrales Thema der linguistischen Analyse, die sowohl für den Fachdiskurs als auch die Unterrichtspraxis entscheidend ist, betrifft die Bildung von Kohäsion und Kohärenz in Texten. Sie können auf mehreren verschiedenen Ebenen erreicht werden, wobei die Textgliederung und Anordnung von Textsequenzen mithilfe von Ordnungsmarkern im Mittelpunkt der vorliegenden Studie stehen.

Theoretischer Hintergrund

Die Voraussetzungen für das erfolgreiche Textverstehen sind nicht nur die grundlegenden Lesefähigkeiten, wie das Erkennen von Buchstaben und der Aufschluss auf die Wortbedeutung, sondern auch die Integration einzelner Wortbedeutungen in kohäsive Bedeutungseinheiten (Propositionen), damit diese anschließend satzübergreifend in eine kohärente Textrepräsentation eines Sachverhaltes hineinfließen (Kintsch & Van Dijk 1978, Schnotz 1994, 2006). Um diese (globale) mentale Kohärenzbildung beim Rezipienten zu unterstützen, soll ein Text so konzipiert sein, dass sowohl seine Inhalte als auch seine sprachlichen Mittel eine Verknüpfung von Sachverhalten beim Lesen erzeugen können. Bestenfalls geschieht dies ohne Inferenzlücken (vgl. Graefen 1997, S. 114). Diese Überlegung gewinnt eine größere Bedeutung bei Texten, deren Informationsdichte oder Komplexitätsgrad umso mehr einer kohärenten Inhaltsorganisation auf Basis von lückenlosen Abfolgen bedürfen. Gleiches gilt auch bei Lernkontexten, in denen die Verarbeitung von Informationen auf (Vor- und Hintergrunds-)Wissen anknüpfen soll, das ungenügend vorhanden ist.

Der Einfluss von Kohäsionsmitteln auf das Leseverstehen wird seit Anfang der 1990er Jahre unter verschiedenen Perspektiven untersucht. Dies geschieht nicht nur im deutschen und im

englischen Sprachraum, sondern auch in der Romanistik[1], wobei die Forschungsaktivität im luso-iberischen Sprachraum sich eher auf die Textproduktionsdidaktik konzentriert. In diesem Zusammenhang werden immer wieder Berührungspunkte zu der Textverständlichkeitsforschung gefunden, die das Augenmerk darauf legt, die Verbesserung der Lesbarkeit, der Verständlichkeit im Sinne der kognitiven Verarbeitung und der Behaltenswirksamkeit zu verbessern (Langer et al. 1974, Kintsch & Van Dijk 1978, Groeben & Christmann 1989, Groeben 1982; Überblick bei Christmann 2015). Dabei wird erkannt, dass die Strukturierung und Organisation des Textes die Verarbeitung von semantischen Relationen und die Inferenzbildung erleichtert. Sprachliche Hinweise auf der Textoberfläche können den Lesenden helfen, Propositionen und Textabschnitte zu verknüpfen und in einen Zusammenhang zu bringen, mit dem eine globale Texträpresentation entsteht. Sucht man nach den sprachlichen Mitteln dazu, so erweisen sich die Ordnungsmarker als dafür geeignet.
Der Terminus „Ordnungsmarker" (im Folgenden OM) stellt eine Subklasse der Diskursmarker dar. In der linguistischen Forschung schließt dieser Begriff eine extrem heterogene funktionale Gruppe von Wörtern ein, die zwar aus formalen Kategorien stammen, wohl aber im Zuge der Neuorientierung der Sprachforschung in den 1980er Jahren eine kommunikative und rezeptionsfördernde Funktion innerhalb von Texten einnehmen.[2] OM bilden verknüpfende Ordnungsrelationen im Text ab und geben auf der Textoberfläche explizite Hinweise darüber, wie die Textabschnitte angeordnet sind. Charakteristisch für diese Art der Anordnung ist, dass sie die Gliederung im Sinne der räumlichen, chronologischen oder enumerativen Orientierung innerhalb des zu organisierenden Diskurses gewährt. OM operieren (grammatisch und funktional) auf der globalen Textebene. Mit ihren Instruktionen weiß der Lesende, dass:
- eine Texteinheit geordnet und gegliedert wird,
- eine Texteinheit eröffnet, fortgesetzt oder abgeschlossen wird.
- Sequenzen gebildet, Hierarchien aufgezeigt, Parallelitäten hergestellt werden.

Funktion	Deutsch	Portugiesisch
Eröffnung	*zuerst, zunächst, erstens, zum ersten, als erstes, zum einen, einerseits, auf der einen Seite, teils, …*	*antes de tudo, antes de mais nada, primeiramente, em primeiro lugar, primeiro, primeiro de/que tudo, para começar, para iniciar, preliminarmente, por um lado, de um lado, …*
Fortsetzung	*auf der anderen Seite, andererseits, seinerseits, zum anderen, teils, zum zweiten, zweitens, …*	*por outro lado, de/o outro (lado), em parte/em parte, por sua vez, segundo, em segundo lugar, em terceiro lugar, …*
Abschluss	*zuletzt, letztlich, letztendlich, letzten Endes, als Letztes, zu guter Letzt, zum Schluss, schließlich, abschließend, …*	*finalmente, para finalizar, para terminar, para concluir, concluindo, em último lugar, por ultimo, afinal, enfim, por fim, …*

***Abbildung 1**: Häufige OM im Deutschen und im Portugiesischen*

Solche Operationen finden im Kopf des Lesers statt, wenn er liest, interpretiert und lernt. Eine durch die verschiedenen OM gestiftete Abfolge von aufeinanderfolgenden Äußerungseinheiten wirkt auf der Textoberfläche konnektierend und sichert die Kohärenz und somit die Organisation der Information (u.a. Garcés Gómez 2008, S. 46).

[1] Starauschek 2006, Schmitz & Gräsel 2016 im Deutschen, Kintsch & Kintsch 1995, Degand & Sanders 2002, Graesser et al. 2003 im Englischen, Andrade 2011, Carmo & Alombra Ribeiro 2014, im Portugiesischen, Nadal et al. 2016 im Spanischen, um nur einige zu nennen.
[2] Der Terminus *Konnektor* ist in der deutschen Sprachdidaktik wohl bekannt. Seine Definition ist allerdings in der Fachliteratur keineswegs eindeutig und bezieht sich teilweise auf Auffassungen, die bestimmte kommunikative Funktionsaspekte nur am Rande oder gar nicht in die Analyse einbeziehen (vgl. Dalmas 2009, S. 167).

Forschungsfrage
Ausgehend vom oben dargelegten theoretischen Hintergrund stellt sich die allgemeine Forschungsfrage, inwiefern das Vorhandensein von OM die Verständlichkeit eines naturwissenschaftlichen Sachtextes beeinflussen kann. Die Untersuchung verläuft in folgenden Schritten:
i) Erhebung der OM im schriftlichen wissenschaftlichen Diskurs in Brasilien und in Deutschland. Unterscheiden sie sich in der Verwendung und in der Häufigkeit?
ii) Welchen Einfluss haben die OM auf das Verstehen eines naturwissenschaftlichen Fachtextes? Gibt es Unterschiede in der Leseleistung von portugiesisch- und deutsch-Muttersprachlern?
iii) Welche Korrelation gibt es zwischen den personenbezogenen Merkmalen und der Leseleistung dieser zwei Personengruppen?

Forschungsdesign und erste Ergebnisse
Die Sammlung des Sprachmaterials begann im Herbst 2018: ein zweisprachiges Korpus, das aus authentischen und von Muttersprachlern produzierten portugiesischen und deutschen Fachtexten aus dem interdisziplinären wissenschaftlichen Bereich der Biotechnologie wurde anhand der Parameter der Korpuslinguistik gebildet (Lemnitzer & Zinsmeister 2006). Der Korpus besteht insgesamt aus drei Textsorten: Dissertationen, Fachzeitschriftenartikel und populärwissenschaftliche Artikel. Für das Suchen der potentiellen OM im Korpus wurde ein Software-Tool zur Hilfe gezogen, das von Lawrence Anthony entworfene Konkordanzprogramm *AntConc*[3]. Es handelt sich hierbei um ein bewährtes, in der Korpuslinguistik vielfach eingesetztes Hilfsmittel. Nach der ausführlichen linguistischen Analyse des Sprachmaterials wurden die OM in beiden Sprachen erfasst und ihre Erscheinungsfrequenz errechnet. Dies ergab beispielsweise, dass brasilianische Textproduzenten 1,27 mal häufiger OM in ihrer Dissertationen verwenden als deutsche.

Der zweite Teil der Untersuchung ist in der Vorbereitung. Vorgesehen ist die Teilnahme von *N*=80 Lehramtsstudierenden, jeweils in Deutschland und in Brasilien, an einem Testverfahren, welches aus zwei Teilen besteht. Erstens werden unabhängige Variablen erhoben (soziodemographische Daten, Motivation und Lesekompetenz auf der Satz- und Textebene). Danach wird jede der Ländergruppen in zwei Subgruppen für den Leseverständnistext mit dem Schwerpunkt der globalen Kohäsion unterteilt, sodass insgesamt vier Probandengruppen entstehen (2 DE und 2 PT). Die Probanden werden gebeten, einen Text aus dem Bereich Biotechnologie zu lesen. Die Hälfte der Probanden bekommen aber die manipulierte Version des Textes, in der die OM entfernt werden. Anschließend wird eine Wirkungsanalyse auf die Verständlichkeit anhand der fachtextbezogenen Verständnisfragen und der Korrelation mit den unabhängigen Variablen durchgeführt.

Ausblick
Diese Studie will einen Beitrag zu einer fachdidaktischen und textorientierten Unterrichtsplanung leisten. Dabei sind einerseits Erkenntnisse über den Einfluss von globaler Kohäsion auf Fachtextverständnis und Wissenserwerb erforderlich, andererseits sind kontrastive Studien zu einer Neuorientierung bzw. -sensibilisierung über sprachliche Einflussfaktoren auf Lösungsprozesse hilfreich.

[3] Download unter www.antilab.sci.waseda.ac.jp/software.

Literatur

Andrade, Flávia Angélica de Amorim (2011). Conectores sequenciadores em artigos de opinião escritos por vestibulandos: uma questão de marcação linguística com implicações para o ensino. Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada; Literatura Comparada) - UFRN, Natal, 2011.

Ahrenholz, B., Hövelbrinks, B. & Schmellentin, C. (Hg.), (2017). *Fachunterricht und Sprache in schulischen* Lehr-/Lernprozessen. Tübingen: Narr Francke Attempto.

Carmo, B. B. & Alombra Ribeiro, M. D. (2014). Os marcadores discursivos na educação básica: necessidade de sistematização a partir do livro didático. In Fórum Linguístico, Florianópolis, 11 (4), 457-473.

Cartagena, Nelson & Gauger, Hans-Martin (1989). Vergleichende Grammatik Spanisch-Deutsch. Band 2. Mannheim, Duden Verlag.

Christmann, Ursula (2015). Kognitionspsychologische Ansätze des Lesens. In Rautenberg, Ursula & Schneider, Ursula (Hg.), Lesen – Ein Handbuch. Berlin, München, New York: de Gruyter, 21-45.

Dalmas, Martine (2009). Zur Bedeutungsbeschreibung von einigen Pseudokonnektoren. In Henn-Memmesheimer, B. & Joachim, F. (Hg.), Die Ordnung des Standard und die Differenzierung der Diskurse. Frankfurt a.M.: Peter Lang, 167-178.

Degand, L., & Sanders, T. (2002). The impact of relational markers on expository text comprehension in L1 and L2. In Reading and Writing, 15(7-8), 739-757.

Garcés Gómez, Mª. P. (2008). La organización del discurso. Marcadores de ordenación y de reformulación. Madrid, Fráncfort: Iberoamericana/Vervuert.

Graefen, Gabriele (1997). Der Wissenschaftliche Artikel - Textart und Textorganisation. Frankfurt: Lang.

Graesser, A. C., McNamara, D. S. & Louwerse, M. M. (2003). What do readers need to learn in order to process coherence relations in narrative and expository text? In A. Sweet & C. E. Snow (Hg.), Rethinking reading comprehension. New York, NY: Guilford Press, 82-98.

Groeben, Norbert (1982). Leserpsychologie: Textverstädnis – Textverständlichkeit. Münster.

Groeben, N & Christmann, U. (1089). Textoptimierung unter Verständlichkeitsperspektive. In Antos, G. & Krings, Hans P. (Hg.), Textproduktion: ein interdisziplinärer Forschungsüberblick. Tübingen, 165-197.

Härtig, H, Bernholt, S, Prechtl, H & Retelsdorf, J (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN), Band 21, 1 (11), 55-67.

Kilian, Jörg (2013). Kritische Grammatik, sprachliches Lernen und sprachliche Bildung. Über Sprachreflexion und Sprachkritik im grammatikdidaktischen Sinne. In: Klaus-Michael-Köpcke & Arne Ziegler (Hg.), Schulgrammatik und Sprachunterricht im Wandel. Berlin/Boston, 61-82.

Kintsch, W. & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. In: Psychological Review, 85(5), 363-394.

Kintsch, E. & Kintsch, W. (1995). Strategies to promote active learning from texts: Individual differences in background knowledge. In: Swiss Journal of Psychology, 54, 141-151.

Langer, I, Schulz von Thun, F. & Tausch, R (1974). Verständlichkeit in Schule, Verwaltung und Politik. München: Ernst Reinhard.

Lemnitzer, Lothar & Zinsmeister, Heike (2006). Korpuslinguistik – Eine Einführung. Tübingen: Narr.

Nadal, L., Cruz, A., Recio, I. & Loureda, O. (2016). El significado procedimental y las partículas discursivas del español: Una aproximación experimental. In: Revista signos, 49, 52-77.

Schmitz, A., & Gräsel, C. (2016). Bei welchen Lernenden fördert globale Textkohäsion das Verstehen von Sachtexten? Eine Studie zu Wechselwirkungen zwischen globaler Textkohäsion und kognitiven Verständnisvoraussetzungen. In: Unterrichtswissenschaft, 44(3), 267-281.

Schnotz, W. (1994). Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten. Weinheim: Belzt.

Schnotz, W. (2006). Was geschieht im Kopf des Lesers? Mentale Konstruktionsprozesse beim Textverstehen aus der Sicht der Psychologie und der kognitiven Linguistik. In: H. Blühdorn, E. Breindl & U. H. Waßner (Hg.), Text - Verstehen. Grammatik und darüber hinaus. Berlin: de Gruyter, 222-238.

Sennema, Anke & Wiażewicz, Magdalena (2017). Ineinandergreifen von Sprache und Fach: Sprachbildung in der Weiterbildung von Lehrkräften an Berufsschulen. In: Michael Becker-Mrotzek, Peter Rosenberg, Christoph Schroeder & Annika Witte (Hg.), Deutsch als Zweitsprache in der Lehrerbildung. Münster: Waxmann, 119–130.

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 127–157.

Starauschek, E. (2010). Zur Rolle der Sprache beim Lernen von Physik. In: H.F. Mikelskis, H. F. (Hg.), Physikdidaktik Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II, Berlin: Cornelsen, 183-202.

Katharina Flieser Universität Regensburg
Karsten Rincke

Verständlichkeit physikalischer Fachtexte: Der Einfluss von fachsprachlichen Textmerkmalen und Textkohäsion

Motivation

Die Fähigkeit der Schüler und Schülerinnen, schriftliches Material zu erfassen und Bedeutung daraus zu entnehmen, spielt eine zentrale Rolle im Unterricht aller Fächer. Die Förderung von Lesekompetenz ist dementsprechend ein fachübergreifendes Ziel. Insbesondere stellt der Umgang mit Fachtexten einen wesentlichen Bestandteil naturwissenschaftlichen Arbeitens dar und wird daher explizit zu den naturwissenschaftsbezogenen Fähigkeiten und Fertigkeiten gezählt (Patterson, 2018; Holliday, Cain, 2012; Fang, 2006). Der Unterricht in den Naturwissenschaften darf es nicht versäumen, die Schüler*innen an die Bewältigung von Fachtexten heranzuführen und sie beim Verstehen ebendieser zu unterstützen.
Der Verstehensprozess beim Lesen hängt vom Zusammenspiel von leser- und textbezogenen Aspekten ab (Artelt, 2007; Lenhard, 2013). Demnach birgt die möglichst verständliche Gestaltung von Texten die Chance, Lernende beim Wissenserwerb anhand von Fachtexten zu unterstützen. Dabei gelten Textmerkmale wie Wortlänge, Satzlänge, Absatzgliederung, fachsprachliche Wendungen, Häufigkeit der Kohäsionsmittel und weitere als bedeutsam für die Verständlichkeit (z. B. Langer et al., 2015; Bamberger, 1984; Groeben, 1978). Während die Identifikation und Untersuchung von Determinanten der Textverständlichkeit einerseits überfachlicher Natur sein können, bietet sich andererseits auch eine speziell auf Fachtexte der Naturwissenschaften ausgelegte Forschung an. Lernende empfinden speziell naturwissenschaftliche Texte als schwer verständlich (Patterson, 2018; Starauschek, 2006). Es erscheint aus diesem Grund interessant, zuerst nach einem Zusammenhang mit charakteristischen Merkmalen zu fragen, durch welche sich physikalische Fachtexte auszeichnen (Patterson, 2018), und in einem nächsten Schritt anwendungsorientierte Verbesserungsmöglichkeiten zu finden. Im Rahmen dieser Studie wird der Einfluss der beiden Merkmale „Kohärenzbildungshilfen/Kohäsionsmittel“ und „Fachsprachliche Auffälligkeiten“ daraufhin untersucht, wie Schüler*innen im Fach Physik die Verständlichkeit eines Texts empfinden und welche Verstehensleistungen sie in Abhängigkeit vom Ausprägungsgrad dieser beiden Parameter tatsächlich erbringen.

Theoretische Grundlagen des Textverstehens

Der Verstehensprozess als Teil der erfolgreichen Wissensvermittlung anhand von Texten ist nach Schnotz (1994) eine Komponente des Zusammenspiels zwischen beschriebenem Gegenstand, Leser[1], Verfasser und Text (Abb. 1). Eine Person, die einen Text verfasst, veräußert das Ergebnis des eigenen Erkenntnisprozesses über den fraglichen Gegenstand – das heißt ihr eigenes Wissen – in schriftlicher Form. Dabei muss es ihr gelingen, eine Darstellung des Gegenstands zu schaffen, welche der Leser verstehen kann (Text*verständlichkeit*). Das bedeutet, dass der Prozess der Internalisierung beim Leser zum Aufbau einer solchen Wissensstruktur über den Gegenstand führen muss, welche derjenigen des Verfassers möglichst nahekommt.
Zu diesem Zweck muss der Leser dem Text Bedeutung entnehmen. Er baut eine mentale Repräsentation des Gegenstands auf (Text*verstehen*), die einerseits bezogen auf den Text ist und andererseits auf den Gegenstand selbst. Beide Relationen zusammen machen die Bedeutung

[1]Für die lesende Person bzw. die Person, die einen Text verfasst, wird im Folgenden jeweils das generische Maskulinum verwendet. Ich möchte mit den Formulierungen „Leser“ und „Verfasser“ die *Tätigkeit* der jeweiligen Person zum Ausdruck bringen – unabhängig von deren Geschlecht.

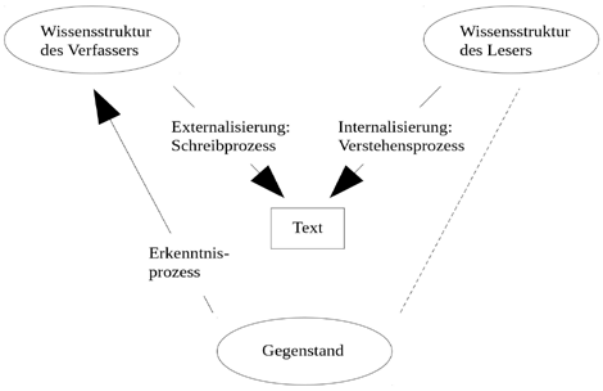


Abb. 1: Schema zur Wissensvermittlung mit Texten (nach Schnotz, 1994)

des Texts aus. Schnotz (1994) führt weiter aus, dass sich in der Ähnlichkeit der mentalen Repräsentation, die beim Leser entstanden ist, und derjenigen des Verfassers widerspiegle, inwiefern der Verstehensprozess gelungen sei. Ganz allgemein entscheide der Aufbau einer mentalen Repräsentation für sich genommen lediglich zwischen *Verstehen* und *Nichtverstehen*. Ist die mentale Repräsentation in sich stimmig und zusammenhängend, so könne ein Gegenstand als *verstanden* bezeichnet werden. Allerdings berge eine solche konsistente und kohärente mentale Repräsentation noch die Möglichkeit eines *Missverständnisses*, da aus Konsistenz und Kohärenz noch nicht folge, dass die Repräsentation auch adäquat ist und der vom Verfasser intendierten entspricht.

Um verstehendes Lesen zu ermöglichen und zu unterstützen, gilt es also zu verstehen, wie der Aufbau einer mentalen Repräsentation abläuft. Lenhard (2013) unterteilt die Teilprozesse in hierarchieniedere und hierarchiehohe Prozesse. Auf hierarchieniederer Ebene geht es um die Worterkennung, die Entschlüsselung der Syntax und das Herstellen eines Zusammenhangs zwischen den einzelnen Sätzen. Die sinngemäße Verbindung von Wörtern, bzw. die Zergliederung von Sätzen in Bedeutungseinheiten bezeichnet man als Propositionsbildung. Bei der satzübergreifenden Bedeutungsentnahme spricht man von lokaler Kohärenzbildung. An dieser Stelle spielen Kohäsionsmittel eine entscheidende Rolle. Diese sprachlichen Bindeglieder explizieren den logischen Zusammenhang einzelner Aussagen. Beispiele für solche Kohäsionsmittel, die vor allem die lokale Kohärenzbildung unterstützen, sind Pro-Formen, Konjunktionen und Wortwiederholungen. Diese hierarchieniederen Abläufe erfüllen eine basale Funktion für die weiteren Teilprozesse des Leseverstehens, welche sich um größere Textbausteine drehen und die Textinhalte weiter abstrahieren. Das Construction-Integration-Model von Kintsch (Kintsch, 1998; für eine kurze Zusammenfassung siehe Lenhard, 2013, S. 20f.) veranschaulicht diese hierarchiehöheren Prozesse: Unter Verwendung eigenen Vorwissens zum Textaufbau und zu den Inhalten des Texts *konstruiert* der Leser eine innere begriffliche Struktur des Gegenstands, die die im Text enthaltene Information in einen Gesamtzusammenhang stellt (globale Kohärenzbildung) und die Textinformationen in verdichteter und angereicherter Form enthält. Dazu zieht der Leser Inferenzen, das heißt er „liest zwischen den Zeilen“, er zieht logische Schlüsse auf Basis von bereits vorhandenem Wissen. Die entstandene Struktur wird in der *Integrationsphase* logisch weiterverarbeitet, bis sie in einer abstrakten, widerspruchsfreien, stabilen Form vorliegt.

Es zeigt sich, dass gewisse Merkmale des Lesers Einfluss auf das Leseverstehen nehmen. Auf hierarchieniederer Ebene erleichtert z. B. ein ausgeprägtes lexikalisches und grammatikalisches Wissen die Worterkennung und Propositionsbildung. Das Vorwissen und persönliche Einstellungen sind Beispiele für Merkmale, die den Konstruktions-Integrationsprozess auf der hierarchiehöheren Ebene steuern. Darüber hinaus bestimmen Aktivitäten des Lesers (Lesestra-

tegieeinsatz, Selbstkontrolle) und die konkrete Leseanforderung (verstehendes, kritisches, reflexives oder involviertes Lesen), in welcher Weise ein Text verarbeitet und verstanden wird. Zusammen mit der Beschaffenheit des Texts entstehen also vier Gruppen von Einflussgrößen, die beim Textverstehen miteinander interagieren: Lesermerkmale, Leseraktivitäten, Leseanforderung und Textbeschaffenheit (Artelt et al., 2007, S. 12).

Forschungsinteresse

Es ist vor allem im schulischen Kontext wichtig, den Schülern möglichst verständliche Texte darzubieten. Verständnisprobleme beim Lesen beeinträchtigen die inhaltliche Verarbeitung (Langer et al., 2015). Der vorherige Abschnitt macht deutlich, dass eine Fokussierung auf textseitige Ursachen für die Verständnisprobleme, welche Schüler insbesondere mit physikalischen Fachtexten haben, einen vielversprechenden Ansatz darstellt. Auf der Grundlage von Forschungsergebnissen hinsichtlich schwierigkeitsgenerierender Textmerkmale soll im Rahmen dieser Arbeit der Einfluss von Kohäsionsmitteln und fachsprachlichen Textmerkmalen auf die Verständlichkeit physikalischer Fachtexte untersucht werden. Die Erkenntnisse sollen verwendet werden, um Sensibilität für verständliche Textgestaltung in der Lehrkräftebildung zu schaffen.

Die Kohäsionsmittel sind entscheidend für die Verbindung zwischen der Darstellung des Informationsmaterials im Text und dem Prozess der mentalen Kohärenzbildung. Sie bilden den Berührpunkt von Textoberflächengestaltung, Tiefenstruktur und Inhaltlichem. Dadurch nehmen sie eine herausragende Stellung gegenüber solchen Textmerkmalen ein, welche entweder nur die Lesbarkeit beeinflussen und damit Fachlich-Inhaltliches kaum berühren (z. B. Wortlänge, Satzlänge), oder welche vor allem Inhalt transportieren und in erster Linie nicht von der sprachlichen Gestaltung abhängen (z. B. Einsatz von Analogien, Impulse zur Selbstregulation).

Die schriftliche Externalisierung naturwissenschaftlicher Inhalte geht in der Regel mit gewissen charakteristischen Texteigenschaften einher. Wie diese Merkmale (z. B. Häufung von Passiv-Konstruktionen, ausgedehnte Attribut-Konstruktionen, Fachvokabular) die Verstehensleistungen beim Lesen beeinflussen, ist nicht abschließend geklärt. Für eine fachspezifische Herangehensweise an die Förderung von Leseverstehen bietet eine Untersuchung des Einflusses fachsprachlicher Textmerkmale einen interessanten Ausgangspunkt.

Studiendesign, methodische Überlegungen

Zunächst werden im Rahmen der Literaturrecherche Merkmale gesammelt, deren Einflussnahme auf die Textverständlichkeit erwiesen ist. Das geplante Vorgehen sieht vor, dass die Merkmale anschließend so weit operationalisiert werden, sodass Texte erstellt werden können, die eine definierte Ausprägung hinsichtlich der einzelnen Merkmale aufweisen. Der Ausprägungsgrad wird daraufhin im Rahmen einer Prä-Pilotierung von Sprachwissenschaftler*innen und Fachdidaktiker*innen überprüft. Darüber hinaus soll an dieser Stelle eine Einschätzung der globalen Verständlichkeit vorgenommen werden. Die Studie schließt mit einer Erhebung mit Schüler*innen ab, die das Leseverstehen testen und Korrelationen zu Personenmerkmalen wie Intelligenz, Geschlecht, Vorwissen und Mehrsprachigkeit feststellen soll. Das geplante Erhebungsinstrument ist ein Fragebogen mit einer Kombination aus offenen und geschlossenen Antwortformaten. Der Fragebogen soll einerseits standardisierte Items zur Lesbarkeit enthalten und andererseits mittels selbst entwickelter Items das Globalurteil über die Verständlichkeit, die Wirkung einzelner Textmerkmale und die Verstehensleistung bzw. den Lernzuwachs erheben.

Literatur

Artelt, C., McElvany, N., Christmann, U., Richter, T., Groeben, N., Köster, J., & Ring, K. (2007). Förderung von Lesekompetenz — Expertise (BMBF ed.). BMBF, Bonn.

Bamberger, R., & Vanecek, E. (1984). Lesen, verstehen, lernen, schreiben: die Schwierigkeitsstufen von Texten in deutscher Sprache. Jugend und Volk.

Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. International Journal of Science Education, 28(5), 491-520.

Groeben, N. (1978). Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten: Dimensionen und Kriterien rezeptiver Lernstadien. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Münster: Aschendorff.

Holliday, W. G., & Cain, S. D. (2012). Teaching science reading comprehension: A realistic, research-based approach. In: Second international handbook of science education (pp. 1405-1417). Dordrecht: Springer.

Kintsch, W. (1998). Comprehension: A paradigm for cognition. New York: Cambridge University Press.

Patterson, A., Roman, D., Friend, M., Osborne, J., & Donovan, B. (2018). Reading for meaning: The foundational knowledge every teacher of science should have. International Journal Of Science Education, 40(3), 291-307.

Lenhard, W. (2013). Leseverständnis und Lesekompetenz. Stuttgart: Kohlhammer.

Langer, I., von Thun, F. S., & Tausch, R. (2015). Sich verständlich ausdrücken, 10. Aufl. München: reinhardt.

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 127-157.

Schnotz, W. (1994). Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten (Vol. 20). Beltz Psychologie Verlags Union.

Melanie Renner Universität Graz
Claudia Haagen-Schützenhöfer

Fallstudie: Beliefs von LA-Studierenden zu Sprache im Physikunterricht

Ausgangspunkt und Ziel der Studie

Die Relevanz von Sprache für Lehren und Lernen von Physik ist unumstritten. Demnach stellt auch die Vermittlung von (fachbezogener) Sprachhandlungskompetenz einen wichtigen Baustein jeder fachdidaktischen Lehramtsausbildung dar. Eine strukturierte Umsetzung von Lerngelegenheiten für Lehramtsstudierende im Bereich der durchgängigen Sprachbildung fand in Österreich bisher nicht statt. Ob Lehramtsstudierende während ihres Studiums mit dieser Thematik konfrontiert wurden, war bisher ausschließlich von Faktoren wie dem Ausbildungsstandort, der studierten Unterrichtsfächer und der individuellen Ausrichtung von Lehre durch LektorInnen u.v.m. abhängig.

Seit 2015 findet eine Umstrukturierung der Lehramtsausbildung in Österreich statt. Die nun in Bachelor-Master-Struktur gegliederten Studien werden über Österreich verteilt von sogenannten Entwicklungsverbünden aus Universitäten und Pädagogischen Hochschulen angeboten. Ein Fokus auf sprachliche Bildung und Vermittlungskompetenzen scheint mit dieser organisatorischen Neuerung in die Lehramtscurricula der vier Verbünde Einzug gehalten zu haben. Während in drei Verbünden dazu Wahlmodule, Wahlseminare oder Wahlvorlesungen als Implementierungsstrategie vorgesehen sind, wurde in den neuen Curricula des **E**ntwicklungs-**V**erbundes in **S**üd-**O**st-Österreich (EVSO) verbindlich für alle Unterrichtsfächer im Masterstudium ab Sommersemester 2020 ein Pflichtmodul zur durchgängigen Sprachbildung festgelegt. Unabhängig davon werden in der physikdidaktischen Ausbildung schon auf Bachelorebene Akzente zur durchgängigen Sprachbildung in einigen fachdidaktischen Lehrveranstaltungen gesetzt.

Um entsprechende Lernumgebungen auf Lehrveranstaltungsebene entwickeln zu können, ist es gemäß dem ERTE-Modell (Educational Reconstruction for Teacher Education) nach van Dijk & Kattmann (2006) nötig, im Vorfeld die Wissens- und Einstellungsbasis der Studierenden zum Thema Sprache zu kennen. Denn Beliefs fungieren nicht nur bei der Umsetzung von Professionswissen in praktisches Unterrichtshandeln als Verstärker oder Filter (vgl. Model of teacher professional knowledge and skill, Gess-Newsome 2015), sondern auch bei der Aufnahme von Lerninhalten im Zuge von Professionalisierungsprozessen.

Ziel dieses Projektes ist es daher, Beliefs der Physiklehramtsstudierenden unseres Entwicklungsverbundes zum Thema Sprache und Fachlernen zu erheben.

Theoretischer Hintergrund

Das vorliegende Forschungsprojekt lässt sich thematisch sowohl der Physikdidaktik als auch der Sprachdidaktik zuordnen. Dabei handelt es sich um zwei Forschungsbereiche, in denen aktuell zunehmend Beliefsforschung auf Ebene der Lehrerbildung betrieben wird. Für die Naturwissenschaftsdidaktik sind insbesondere die Arbeiten von Markic und Eilks (2007) hervorzuheben, während Beliefsforschung in der Sprachdidaktik vermehrt im Bereich sprachlicher Heterogenität bzw. Deutsch als Fremd- bzw. Zweitsprache (DaF/DaZ) durchgeführt wird. Hier ist allen voran das Leuchtturmprojekt DaZKom zu nennen (vgl. Ehmke et al. 2018).

Trotz des inflationären Vorkommens des Beliefsbegriffes in der fachdidaktischen Forschung seit Ende des 20. Jahrhunderts, handelt es sich dabei um ein sehr vages Konstrukt, welches in der Literatur viele unterschiedliche Definitionsansätze umfasst. Diese unterscheiden sich bzw. widersprechen einander teilweise z.B. in ihrer Festlegung der Relation zwischen Wissen und Beliefs oder bezüglich der Veränderbarkeit von Beliefs (vgl. Krey 2012). In der

deutschsprachigen Literatur finden sich zudem einige Begriffe, wie z.B. Einstellungen, Vorstellungen, Überzeugungen etc., die in engem Zusammenhang mit Beliefs stehen bzw. teilweise synonym genutzt werden. Die vorliegende Studie versteht den Begriff Beliefs in Anlehnung an den Definitionsansatz von Fischler (2000a und b) sowie Markic & Eilks (2007). Dabei werden unter Beliefs bewusste oder unbewusste Überzeugungen verstanden, die sowohl die Wahrnehmung der Umwelt als auch das Handeln von Lehrkräften bzw. Lehramtsstudierenden beeinflussen (vgl. Markic & Eilks 2007; Baumert & Kunter 2006).

Forschungsfragen

- Welche Beliefs haben Physik-Lehramtsstudierende unseres Standortes zu Sprachsensibilität bzw. zur Relevanz von Sprache für Lehr- und Lernprozesse im Physikunterricht?
- Auf welche Erfahrungen als ehemalige SchülerInnen können sie bezüglich Sprache im eigenen Physikunterricht zurückgreifen?
- Welche Rolle spielt Physikunterricht aus ihrer Sicht allgemein in der Vermittlung von sprachlicher Bildung?
- Wie beschreiben sie Lerngelegenheiten zur Professionalisierung im Bereich durchgängige Sprachbildung und den Umgang mit Sprache im Physik-Lehramtsstudium an unserem Standort?
- Welche Änderungen in Bezug auf Beliefs zu Sprache lassen sich im Zuge des Studienverlaufes bei Physik-Lehramtsstudierenden unseres Standortes feststellen?

Rahmenbedingungen und Untersuchungsdesign

Wie den Forschungsfragen entnommen werden kann, fokussiert dieses Forschungsprojekt auf zwei Hauptbereiche. Einerseits auf Voraussetzungen, die Studierende ins Studium mitbringen, wie etwa Einstellungen und schulische Vorerfahrungen im Kontext sprachlicher Bildung und andererseits auf den Einfluss der im Studium angebotenen Lerngelegenheiten. Dementsprechend ist die Studie in zwei Bereiche unterteilt, in eine explorative Vorerhebung zur Erhebung vorherrschender Beliefs unserer Studierenden und eine Längsschnitterhebung, die die Wahrnehmung der universitären Lerngelegenheiten auf Beliefs unserer Studierenden untersucht.
Im Rahmen der explorativen Vorerhebung wurden Leitfadeninterviews mit Studierenden möglichst unterschiedlicher Merkmale (Geschlecht, Zweitfach, Wohnort/Herkunftsregion, Studienfortschritt etc.) durchgeführt, um eine größtmögliche Zahl an unterschiedlichen Beliefs zu erhalten. In weiterer Folge wird eine Längsschnitterhebung in Form einer Interviewserie mit vier Erhebungszeitpunkten während des Bachelor-Studiums durchgeführt. Die Erhebungszeitpunkte sind unabhängig vom Fachsemester der ProbandInnen gewählt und richten sich ausschließlich nach den Interventionen in physikdidaktischen Lehrveranstaltungen, die das Thema Sprache im Physikunterricht adressieren.
Im Rahmen der Leitfadeninterviews der Vorerhebung werden die Studierenden zu ihrer eigenen Sprachbiographie bzw. ihrem selbstwahrgenommenen Sprachverhalten, ihren Vorstellungen zur Relevanz von Bildungssprache und anderen Registern im Physikunterricht sowie zur Bedeutung von Sprache allgemein für Lern- und Bildungsprozesse befragt. Die Audioaufnahmen der Interviews werden transkribiert und computerunterstützt mit der Software MAXQDA für qualitative Datenanalyse nach der Methode der Grounded Theory analysiert. Als Forschungsstrategie für diese Fallstudie wurde die Grounded Theory gewählt, da es in der Beliefsforschung zum Thema Sprache im Physikunterricht kaum Daten oder Theorien gibt, auf die zurückgegriffen werden kann und die Stärke der Grounded Theory in der Entwicklung neuer Theorien bzw. theoretischer Konzeptualisierungen liegt (Breuer et al. 2018).

Ausgewählte Ergebnisse der explorativen Vorerhebung

Aktuell sind die Interviews von 5 ProbandInnen (3 weiblich, 2 männlich) der explorativen Vorerhebung ausgewertet. Die Detailcharakteristika der ProbandInnen sind in Tabelle 1

ersichtlich. Im Folgenden werden erste Teilergebnisse zu den ersten drei Forschungsfragen zusammengefasst.

Tab. 1 Übersicht der demographischen Daten der Stichprobe

Proband	Geschlecht	Fachsemester	Zweitfach	Schulische Vorbildung
P1	m	13	Biologie	AHS
P2	w	12	Deutsch	AHS
P3	m	2	Mathematik	BHS
P4	w	2	Chemie	BHS
P5	w	2	Mathematik	BHS

Die Beliefs der ProbandInnen zur Relevanz von Sprache im Physikunterricht sind sehr unterschiedlich ausgeprägt und reichen von Sprache als reines Vermittlungswerkzeug von Fachinhalten bis zu Sprache als entscheidender Faktor für Interesse und Verständnis im Fach. Fall 1 ist beispielsweise überzeugt davon, *„dass es beim Physikunterricht ja nicht so sehr um die Sprache geht…gehen soll. Also dass man Sätze versteht oder halt komplexe Sprache versteht, sondern da geht es um den Inhalt!“*

Wahrgenommene Lerngelegenheiten zur Sprachsensibilität im Studium werden überwiegend mit der Verwendung von geschlechtergerechter Sprache und jener von Hochsprache im Gegensatz zu Dialekt in Verbindung gebracht. Schlagworte wie Sprachsensibilität sind lediglich der Hälfte der Befragten geläufig und es zeigt sich, dass vor allem ProbandInnen mit nichtsprachlichem Zweitfach kein tieferes Verständnis von Sprachsensibilität aufweisen. Der Themenbereich Sprache und Unterricht wird laut ProbandInnen auch nur in wenigen Lehrveranstaltungen explizit thematisiert, nämlich in einigen physikdidaktischen Seminaren.

Bei diesen vorläufigen Ergebnissen deutet sich eine Parallelität zwischen den wahrgenommenen Sprachverwendungen einerseits im eigenen Unterrichtshandeln (Schulpraktika) und andererseits in den Erinnerungen an Unterrichtskommunikation in der eigenen Schulzeit an. Bezogen auf die retrospektive Betrachtung unterrichtlicher Sprachverwendung während der eigenen Schulzeit kristallisieren sich schultypenbezogene Muster im Bereich der Sekundarstufe 2 heraus: AbsolventInnen einer Berufsbildenden Höheren Schule (BHS) (N=3) verbinden mit Unterrichtssituationen vermehrt das Register des Dialekts, während jene einer Allgemein Höher Bildenden Schule (AHS) (N=2) überwiegend einen forcierten Gebrauch von Hoch- und Bildungssprache erinnern. *„Also zuerst im Gymnasium in der Unterstufe [Anm.: Sekundarstufe 1] hat wirklich, glaube ich, jeder Hochsprache gesprochen und die haben eben dann auch geschaut, dass wir das ein bisschen lernen und üben. Und dann in der berufsbildenden Schule ist das ein bisschen zurückgegangen. Da haben die Lehrer oft selbst Dialekt gesprochen.“* [P4] Eine genauere Analyse der Vorbildung der ProbandInnen zeigt zudem, dass AbsolventInnen einer AHS diesen Schultyp auch in der Sekundarstufe 1 absolviert hatten.

Diskussion & Ausblick

Die bisherigen Teilergebnisse deuten darauf hin, dass sich Beliefs zur Relevanz von Sprache im Physikunterricht bei den interviewten Lehramtsstudierenden stark unterschieden, ebenso wie jene zum Konzept von Sprachsensibilität, das u.a. vermutlich auf Grund eines Ausbildungsartefakts im Kontext gendergerechte Sprache interpretiert wird. Zudem deutet sich an, dass die eigene Sprachverwendung in Unterrichtssituationen und damit zusammenhängende Beliefs mit der eigenen schulischen Sozialisation der Lehramtsstudierenden verknüpft sind. Dies erscheint in Anbetracht der bisherigen Forschungslage, wonach Beliefs von Lehrkräften größtenteils während der eigenen Schulzeit entwickelt werden und im weiteren Ausbildungsverlauf – wenn überhaupt – lediglich in geringem Maße modifiziert werden (vgl. Bernack-Schüler 2018), nicht überraschend. Nach Abschluss dieser explorativen Voruntersuchung sollen in einem nächsten Schritt ebendiese Entwicklungen von Beliefs im Zuge der Lehramtsausbildung im Rahmen einer Längsschnitterhebung untersucht werden.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520

Bernack-Schüler, C. (2018). Stand der Forschung zur Änderung von Beliefs. In Die Entwicklung von Mathematikbildern bei Lehramtsstudierenden (S. 33-58). Wiesbaden: Springer Spektrum

Breuer, F., Muckel, P., & Dieris, B. (2018). Reflexive Grounded Theory. Eine Einführung in die Forschungspraxis (3. überarb. Aufl.)

Ehmke, T., Hammer, S., Köker, A., Ohm, U., & Koch-Priewe, B. (Hg.). (2018). Professionelle Kompetenzen angehender Lehrkräfte im Bereich Deutsch als Zweitsprache. Münster: Waxmann Verlag.

Fischler, H. (2000a). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik – Teil 1: Stand der Forschung sowie Ziele und Methoden einer Untersuchung. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 27-36

Fischler, H. (2000b). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik – Teil 2: Ergebnisse der Untersuchung. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 79-95

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In Re-examining pedagogical content knowledge in science education (S. 38-52). Routledge

Krey, O. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik: Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender. Berlin: Logos-Verlag

Markic, S., & Eilks, I. (2007). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik über Physikunterricht zu Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2(6), 31-42

van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2006). A research model for the study of science and teachers' PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education, 23, 885-897

Christina Priert Universität Hildesheim
Jürgen Menthe Universität Hildesheim

Reflektiertes Entscheiden nachhaltigkeitsbezogener Fragen

Entscheidungen basieren häufig auf unbewussten Intuitionen. Die reflektierte Auseinandersetzung mit eigenen Entscheidungen kann eine Selbstverständigung über Entscheidungsprozesse initiieren und die Rolle impliziter Wissensbestände und Intuitionen aufdecken. Besonders bei Zukunftsfragen, die die Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung betreffen, sollte eine solche Auseinandersetzung zur Verfolgung der Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung angeregt werden. Bestehende Modelle und Konzepte im Bereich *Urteilen und Entscheiden* setzen den Fokus jedoch auf den Rational-Choice-Ansatz, sodass die systematische Erweiterung um intuitive und habituelle Anteile an Entscheidungsprozessen im Unterricht noch aussteht.

Forschungsstand – Ein Überblick

Entscheidungsprozesse als rein rational fundiert anzusehen, wäre gerade im Hinblick auf entscheidungspsychologische Befunde eine unzulässige Verkürzung. Dass Intuitionen entscheidungsleitend sind und somit auch ausschlaggebend sein können, wurde bereits von HAIDT analysiert. In seinem *Social Intuitionist Model* (SIM) wird vor allem der Zusammenhang zwischen moralischen Gefühlen und rational gefällten Urteile entfaltet. Dieser zeigt sich dadurch, dass eine Entscheidung intuitiv getroffen und post-hoc gerechtfertigt wird (Haidt 2001). Die Unterscheidung zwischen diesen aufeinanderfolgenden Prozessen des menschlichen Denkens wird durch die sogenannten *Zwei-Prozess-Modelle* beschrieben. Während das erste System ein schnelles, automatisches und intuitives Entscheiden ermöglicht, erfordert rationales, abwägendes Entscheiden (System 2) Zeit und kognitive Aufmerksamkeit (Kahneman 2011, S. 20 ff.). Aus soziologischer Perspektive sind es die einsozialisierten Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsmuster, die ein automatisches und unreflektiertes Handeln ermöglichen (Bourdieu et al. 2004, S. 282). Gerade wenn es um das Bewerten und Entscheiden geht, müssen auch jene routinierten und intuitiven Prozesse beachtet werden. Sowohl die klassischen Modelle zum Bewerten, Urteilen und Entscheiden (u. a. LANGLET, HÖßLE, BAYRHUBER, BÖGEHOLZ & BARKMANN) als auch die fachdidaktischen Modelle der Bewertungskompetenz (*Göttinger Modell*, *Oldenburger Modell*, *ESNaS*) legen allerdings den Schwerpunkt auf Entscheidungen, die rational und reflektiert getroffen werden. Die Bedeutung der Intuition wird dabei wenig berücksichtigt (Bögeholz et al. 2004; Bögeholz et al. 2018). Nennenswerte Arbeiten, die sich aus praxeologischer Sicht mit der Bewertungskompetenz beschäftigt haben, sind die von SANDER und HOLFELDER. In beiden Arbeiten wurden die Orientierungen von Jugendlichen rekonstruiert, nachdem diese sich in einem Einzelinterview (Sander 2016, S. 107) bzw. Gruppeninterview (Holfelder 2018, S. 195) zu nachhaltigkeitsrelevanten Themen geäußert haben. Während SANDER herausfinden konnte, dass Fachwissen – ganz nach dem *Social Intuitionist Model* – lediglich zur Untermauerung einer Entscheidung post-hoc genutzt wurde (Sander 2016, S. 357 ff.), wurde bei HOLFELDER deutlich, dass die Jugendlichen ihre eigenen Handlungen nicht als wirksam ansehen, wenn es um das Lösen von Zukunftsproblemen geht (Holfelder 2018, S. 423 f.).

Design der Studie

Anknüpfend an die Untersuchung von SANDER soll es zunächst darum gehen, die Stabilität der von SANDER typisierten Orientierungen (*Zukunftsgestalter*, *Gegenwartsfokussierter* und *pessimistischer Fatalist* (Sander 2016, S. 330)) im Hinblick auf den Kontext und die Zeit zu untersuchen. Vor allem aber soll die Wirkung einer Selbstverständigung der Lernenden über

eigene Entscheidungsprozesse untersucht und es sollen mögliche Entwicklungen der Orientierungen dokumentiert werden. All dies geschieht in einer Längsschnittstudie im Feld. Die Untersuchung ist in drei Phasen gegliedert (*Abb. 1*). Durch das Design soll insbesondere die erwähnte Entwicklung der Orientierungen sichtbar werden. In der ersten Phase werden die Orientierungen der Jugendlichen vor der Intervention erhoben. Dazu werden als Anker zwei der Vignetten[1] aus SANDER's Arbeit verwendet, um Gruppendiskussionen anzuregen. Zusätzlich werden die Naturwissenschaftslehrkräfte, die den Unterricht in den untersuchten Klassen durchführen, interviewt, um auch deren Orientierungen zu erfassen. Dies ermöglicht es, den Einfluss der Lehrkräfte auf den Unterricht und die Orientierungen zu kontrollieren. Gerade zum Kompetenzbereich *Bewertung* weisen Lehrkräfte sehr unterschiedliche Einstellungen und Vorstellungen auf (Hartmann-Mrochen 2011, S. 210-218), die die Art und Weise, wie die Jugendlichen einen Sachverhalt bewerten würden, beeinflussen könnten. Im Laufe des Schuljahres werden die Schülerinnen und Schüler nach jeder Unterrichtseinheit die Gelegenheit erhalten, über gesellschaftlich relevante und nachhaltigkeitsbezogene Themen in Gruppen zu diskutieren und anschließend ihre Ansichten und Entscheidungen zu reflektieren. Abgeschlossen wird die Erhebung mit der Post-Phase, in der abermals die Orientierungen der Jugendlichen erhoben werden.

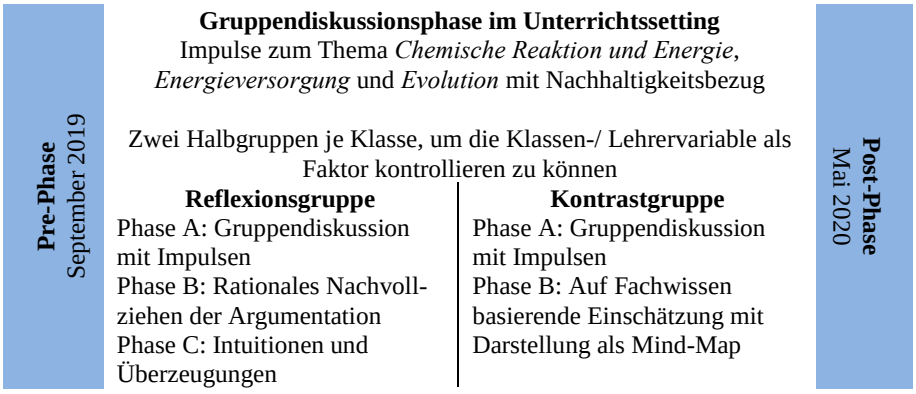


Abb. 1: Design der Erhebung.

Ziel der Untersuchung ist es einerseits, die entscheidungsrelevanten Orientierungen (im Sinne kommunikativen wie konjunktiven Wissens) zu rekonstruieren. Andererseits soll die Wirksamkeit des systematischen Einsatzes von Reflexionsphasen bezüglich der Selbstverständigung und der Förderung reflektierter Entscheidungsprozesse untersucht werden.

Erhebung des Datenmaterials – Derzeitiger Stand

Die Untersuchung findet an einer Gesamtschule in Hildesheim statt. Da der Kompetenzbereich *Bewertung* mit dem Fokus auf Aspekte von nachhaltiger Entwicklung für den neunten und zehnten Schuljahrgang vorgesehen ist (Niedersächsisches Kultusministerium 2012, S. 25), wurden zwei zehnte Klassen ausgewählt, die an der Erhebung teilnehmen werden. Die erste Erhebung (Pre-Phase) wurde Ende September/ Oktober durchgeführt. Dafür wurden Gruppen aus drei bis vier Schülerinnen und Schülern gebildet, die außerhalb des Unterrichts an einer stimulusangeregten Diskussion teilgenommen haben. Anders als bei

[1] Die Vignetten „Fahrt nach München" und „Flugobst" wurden beinahe vollständig übernommen. Es gab lediglich eine Veränderung der Jahreszahl in der Vignette „Flugobst" von „2020" auf „2029", da die beschriebene Situation in einer ferneren Zukunft liegen sollte.

der Durchführung von SANDER (2016) wurden die Vignetten ohne Anwesenheit einer Interviewerin besprochen. Dadurch sollte die „Selbstläufigkeit“ erhöht werden und eine natürliche Gesprächsatmosphäre erreicht werden, was die Voraussetzung für die dokumentarische Auswertung von Gruppendiskussionen zur Rekonstruktion von Orientierungsrahmen bildet (Asbrand und Martens 2018, S. 49). Das Interview wurde in drei Phasen gegliedert (*Abb. 2*). Da in der ersten Phase eine Einführung nötig war, wurde diese durch die Interviewerin begleitet. Im Zuge dessen sollten die Schülerinnen und Schüler einen personalisierten Code erstellen, der es der Interviewerin später möglich macht, die Fragebögen den entsprechenden Individuen zuordnen zu können, ohne die Anonymität zu verletzen. Das anschließende Kennenlerngespräch hatte die Funktion, die Situation zu entspannen und gleichzeitig eine Erzählung anzuregen. Für die zweite Phase wurden die Vignetten nacheinander abgespielt und mit Impulsen begleitet. Die Impulse lagen vorbereitet vor und konnten selbstständig abgerufen werden[2], sodass während des Gesprächs nicht die Notwendigkeit der Anwesenheit der Interviewerin bestand. In der letzten Phase wurde ein Fragebogen mit persönlichen Fragen und Fragen zur gesellschaftlichen Bedeutung der in den Vignetten behandelten Themen ausgefüllt.

Phase 1	Phase 2	Phase 3
Einführung, Erstellung eines personalisierten Codes und Kennenlerngespräch	Gruppendiskussionen zu den Vignetten „Fahrt nach München“ und „Flugobst“	Ausfüllen des Fragebogens

Abb. 2: Gliederung der Gruppendiskussionen während der Pre-Phase.

Ausblick

Gegenwärtig liegt das Datenmaterial der Pre-Phase vor, allerdings konnte dieses noch nicht ausgewertet werden. Das weitere Vorgehen besteht darin, dass die Gruppendiskussionen, in denen eine reflektierte Auseinandersetzung angeregt werden soll, geplant und durchgeführt werden. Hierzu ist der Zeitraum von Januar 2020 bis Mai 2020 vorgesehen. Mit der Durchführung der Post-Phase im Mai 2020 wird die Erhebung abgeschlossen (*Abb. 1*). Dann beginnt die Rekonstruktion der Pre- und Postphase enthaltenen Orientierungen und die Analyse der Wirksamkeit der in der Gruppendiskussionsphase stattfindenden Reflexion von Entscheidungen. Dabei werden vor allem eventuelle Veränderungen der Orientierungen hervorgehoben. Mit Hilfe der Aufnahmen der Diskussionen während des Unterrichts soll ein Nachvollzug jener Veränderungen möglich gemacht werden.

[2] Die Impulse wurden in einer PowerPoint-Präsentation dargestellt und konnten individuell und nacheinander aufgerufen werden.

Literatur

Asbrand, Barbara; Martens, Matthias (2018): Dokumentarische Unterrichtsforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bögeholz, Susanne; Hößle, Corinna; Langlet, Jürgen; Sander, Elke; Schlüter, Kirsten (2004): Bewerten - Urteilen - Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 10, S. 89–115.

Bögeholz, Susanne; Hößle, Corinna; Menthe, Jürgen (2018): Bewertungskompetenz. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer, S. 261–281.

Bourdieu, Pierre; Russer, Achim; Albagnac, Hélène; Schwibs, Bernd (2004): Meditationen. Zur Kritik der scholastischen Vernunft. Frankfurt am Main: Suhrkamp (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 1695).

Haidt, Jonathan (2001): The Emotional Dog and its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment. In: *Psychological Review* 108, S. 814–834.

Hartmann-Mrochen, Maria (2011): Zwischen Notengebung und Urteilsfähigkeit. Einstellungen und Vorstellungen von Lehrkräften verschiedener Fachkulturen zum Kompetenzbereich Bewertung der Nationalen Bildungsstandards. Dissertation. Universität Hamburg.

Holfelder, Anne-Katrin (2018): Orientierungen von Jugendlichen zu Nachhaltigkeitsthemen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kahneman, Daniel (2011): Thinking, fast and slow. 1. Auflage. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Niedersächsisches Kultusministerium (2012): Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5- 10 Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck.

Sander, Hannes (2016): Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft. Dissertation. Universität Hamburg, Hamburg. Erziehungswissenschaft.

Svenja Brockmüller Universität Koblenz-Landau

Systemkompetenz durch Einsatz analoger vs. digitaler Modelle fördern

Die Herausforderungen im Kontext des globalen Klimawandels und der planetaren Grenzen des Systems Erde lassen die grundlegende Bedeutung von Systemkompetenz zur Analyse und Bewältigung komplexer dynamischer Probleme deutlich werden. Die notwendigen Schritte zur Erreichung der globalen Nachhaltigkeitsziele setzen eine raumbezogene Handlungskompetenz aller beteiligten Akteure voraus, die maßgeblich auf einer vernetzten Einsicht in die Zusammenhänge von natürlichen und gesellschaftlichen Systemen beruht. Aus didaktischer Sicht steht in der vorliegenden Studie daher die Forschungsfrage im Vordergrund, auf welche Weise die Systemkompetenz von Schülerinnen und Schülern (SuS) im Kontext raumwirksamer Mensch-Umwelt-Beziehungen bestmöglich gefördert werden kann. Den thematischen Rahmen bildet das Phänomen der Bodenerosion im Kontext des Klimawandels. Neben den bereits heute gegebenen Risiken und Gefährdungen ist hierbei durch die im Klimawandel zu erwartende Häufung von Starkniederschlagsereignissen und die jahreszeitliche Veränderung der Bodenfeuchteverhältnisse eine Verschärfung des Gefährdungspotenzials für landwirtschaftlich genutzte Böden wahrscheinlich. Das in Bezug auf das lebensweltliche Umfeld der SuS erarbeitete Phänomen steht daher stellvertretend für komplexe und dynamische Mensch-Umwelt-Systeme.

Forschungsfrage und Studiendesign

Ausgehend von einem naturwissenschaftlich geprägten Systemverständnis und dem Bestreben der Systemwissenschaft, komplexe Systeme modellhaft zu erfassen, rückt die Modellbildung auch in der Frage nach gewinnbringenden methodisch-didaktischen Ansätzen zur Förderung des systemischen Denkens in den Mittelpunkt des Interesses. Aus dem Nebeneinander von konkret-gegenständlichen Modellen und Computersimulationen als rechnergestützten Verfahren der Modellierung leitet sich für die vorliegende Studie (vgl. Brockmüller, 2019) die zentrale Forschungsfrage ab, welches Potenzial diese Methoden einzeln oder in Kombination zur Förderung der Systemkompetenz von SuS aufweisen.

Abb. 1: Treatmentgruppen - (1) analoges Modell, (2) digitales Modell und (3) Kombination

Zur Lernwirksamkeit unterschiedlicher methodisch-medialer Settings liegen dabei verschiedene, in ihren Ergebnissen heterogene und zum Teil widersprüchliche Forschungsarbeiten vor. Bei vielen Studien wurden analoge und digitale Medien und Methoden einander einzeln gegenübergestellt, jedoch nicht kombiniert (z.B. Edsall & Wentz, 2007), bei anderen wies die kombinierte Intervention eine längere Zeitdauer auf als die vergleichend eingesetzte Computersimulation (z.B. Rieß & Mischo, 2008). Vor dem Hintergrund dieses Forschungsstandes untersucht die hier vorgestellte empirische Vergleichsstudie (Brockmüller, 2019) im experimentellen Prä-Post-Test-Design die

Veränderung der kontextuellen Systemkompetenz von SuS durch Einsatz (1) eines analogen Bodenerosionsmodells, (2) eines digitalen Bodenerosionsmodells bzw. (3) einer Kombination beider Zugänge, bei jeweils gleicher Zeitdauer der Interventionen (Abb. 1).

Struktur und Messung des Konstrukts Systemkompetenz

Zur Frage der Dimensionalität und Messung des Konstruktes „Systemkompetenz" liegen im Kontext raumwirksamer Mensch-Umwelt-Beziehung eine Reihe theorie- wie auch evidenzbasierter Erkenntnisse vor, die sich jedoch in Teilen kontrovers gegenüberstehen. Den konzeptionellen Bezugsrahmen der Forschungsarbeit bildet hierbei das von Rieß, Schuler & Hörsch (2015) entwickelte heuristische „Freiburger Kompetenzstrukturmodell zum systemischen Denken" mit besonderer Schwerpunktsetzung auf der Systemmodellierung. Für die vier in diesem Kompetenzmodell ausgewiesenen Dimensionen A: „Systemtheoretisches Grundwissen", B: „Systemelemente und Wechselwirkungen identifizieren, abbilden und interpretieren", C: „Mittels Systemmodellen Erklärungen geben, Prognosen treffen und Strategien entwerfen" sowie D: „Gültigkeit und Vorhersageunsicherheit von Systemmodellen bestimmen" werden Testitems mit Bezug zum Themenfeld Bodenerosion entwickelt. Aufbauend auf den Erkenntnissen der Pilotierungsstudie (n = 78 SuS, vgl. Brockmüller et al., 2016) kann in der Hauptstudie (n = 203 SuS der gymnasialen Klassenstufen 10 bis 12) die Validität des überarbeiteten Systemkompetenztests durch eine substanzielle Übereinstimmung der inhaltlichen Expertenratings (Fleiss' κ 0,79) sowie eine akzeptable interne Konsistenz der vier Skalen (Cronbachs α A: 0,54, B: 0,78, C: 0,70, D: 0,78) belegt werden. Strukturentdeckende statistische Verfahren (exploratorische Faktorenanalyse) lassen im Ergebnis auf vier zugrunde liegende Faktoren schließen. Auch bei Anwendung der strukturbestätigenden konfirmatorischen Faktorenanalyse kann die Modellpassung des vierdimensionalen Modells anhand von akzeptablen statistischen Modellgütekriterien bestätigt werden. Auf Grundlage eines Strukturgleichungsmodells (konfirmatorische Faktorenanalyse zweiter Ordnung) können schließlich die Korrelationen zwischen den Kompetenzdimensionen auf ein übergeordnetes Gesamtkonstrukt im Sinne von Systemkompetenz zurückgeführt werden. Die heuristischen Annahmen einer vierdimensionalen Kompetenzstruktur zum systemischen Denken nach Rieß et al. (2015) können somit auf Grundlage des Datensatzes der vorliegenden Studie empirisch fundiert werden. Ein von Mehren, Rempfler, Ulrich-Riedhammer, Buchholz & Hartig (2015, 2016, 2018) theoretisch hergeleitetes und empirisch überprüftes Kompetenzstruktur- und -stufenmodell umfasst zwei Dimensionen, die als „Systemorganisation und Systemverhalten" sowie „Systemadäquate Handlungsintention" ausgewiesen sind. Im Abgleich wird zunächst deutlich, dass diese beiden mit den o.g. Dimensionen B und C des Freiburger Modells große inhaltliche Ähnlichkeit aufweisen. Die in der vorgestellten Studie (Brockmüller, 2019) erreichten Modellgütemaße machen die darüber hinausgehende inhaltliche Bedeutung der Theorie- sowie der Reflexionsebene (Dimensionen A und D; Rieß et al., 2015) für das Konstrukt Systemkompetenz deutlich.

Systemkompetenzförderung durch analoge und/oder digitale Modelle

Zur Untersuchung des Potenzials eines Einsatzes von analogen und digitalen Modellen und einer Kombination beider Methoden zur Förderung der auf diese Weise ausdifferenzierten Systemkompetenz wird die Stichprobe der Hauptstudie varianzanalytisch analysiert, um so u.a. der Forschungsfrage nachzugehen, ob statistisch bedeutsame Gruppenunterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten vor bzw. nach der Intervention bestehen. Der Mittelwert der über alle vier Dimensionen hinweg mit einem Gesamtscore erfassten Systemkompetenz liegt in der Gruppe, die eine kombinierte analoge und digitale Intervention durchlaufen hat, signifikant höher als in der Gruppe mit reiner Computersimulation ($p = 0{,}024$, bei kleiner Effektgröße Cohens f von 0,1; Abb. 2).

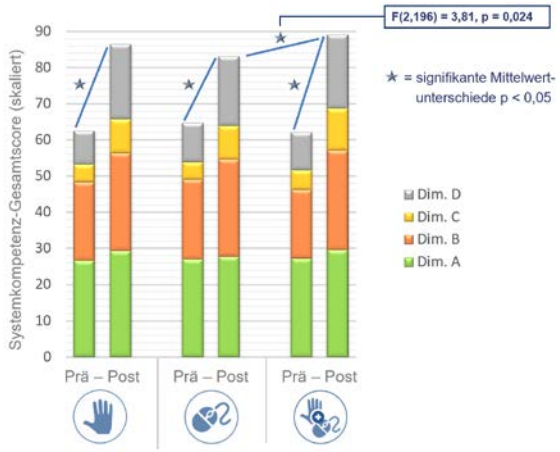


Abb. 2: Mittelwertsvergleich der skalierten Systemkompetenz-Scores (Prä-Post) gesamt und nach Systemkompetenz-Dimensionen A - D für die drei Treatmentgruppen (rm-ANOVA)

Im Vergleich der vier einzelnen Systemkompetenz-Dimensionen zeigt sich, dass dieser Effekt in der Dimension B statistisch bedeutsam ausgeprägt ist. In den Dimensionen A und D führt der Systemkompetenzzugewinn durch unterrichtlichen Einsatz der Modell-Kombination nicht über das durch rein analogen Modelleinsatz erreichte Maß heraus, während in den Dim. B und C ein spezifischer didaktischer Mehrwert durch den verknüpften Einsatz von analogen und digitalen Bodenerosionsmodellen entsteht (Abb. 3).

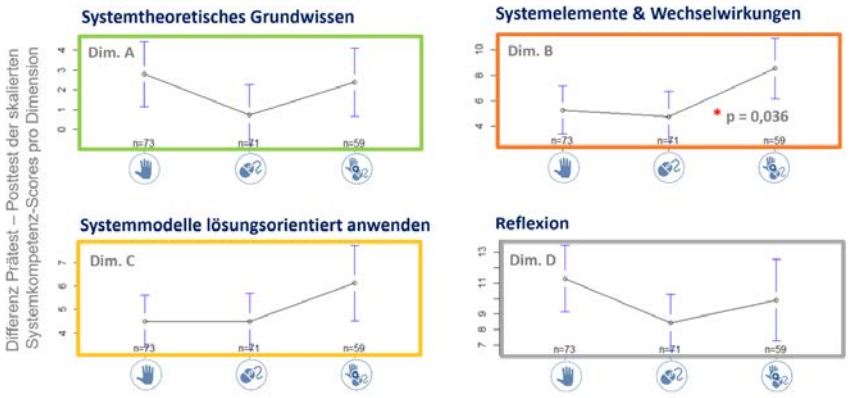


Abb. 3: Varianzanalyse ohne Messwiederholung zum Vergleich der Systemkompetenz-veränderung (=Differenz Prä-Post) in den Dim. A - D für die drei Treatmentgruppen

Fazit

In der Gesamtschau liefern die Ergebnisse der vorliegenden Studie neben einem theoretischen Beitrag zur Aufdeckung der Struktur von Systemkompetenz im Kontext raumwirksamer Mensch-Umwelt-Beziehungen insbesondere auch evidenzbasierte unterrichtspraktische Hinweise zur Kompetenzentwicklung. Der am Beispiel Bodenerosion exemplarisch untersuchte kombinierte Einsatz analoger und digitaler Modelle zur Erarbeitung der komplexen Dynamik von Bodenerosion führt, verglichen mit dem alleinigen Einsatz digitaler Modelle, bei gleichem Zeitaufwand zu einer signifikant besseren Förderung der Systemkompetenz von SuS.

Literatur

Brockmüller, S., K. Viehrig, C. Schuler, J. Mrazek, D. Volz & A. Siegmund (2016). Enhancement of Geographical Systems Thinking through the Use of Models. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), Part 1: Learning Science: Conceptual Understanding. Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science Education Research: Engaging Learners for a Sustainable Future. Helsinki, Finland: University of Helsinki, 158–168

Brockmüller, S. (2019). Erfassung und Entwicklung von Systemkompetenz – Empirische Befunde zu Kompetenzstruktur und Förderbarkeit durch den Einsatz analoger und digitaler Modelle im Kontext raumwirksamer Mensch-Umwelt-Beziehungen. Dissertation. Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg. URL: https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/index/index/docId/340

Edsall, R. & E. Wentz (2007). Comparing Strategies for Presenting Concepts in Introductory Undergraduate Geography. In Journal of Geography in Higher Education, 31 (3), 427–444

Mehren, R., A. Rempfler, E.-M. Ulrich-Riedhammer, J. Buchholz & J. Hartig (2015). Wie lässt sich Systemdenken messen? Darstellung eines empirisch validierten Kompetenzmodells zur Erfassung geographischer Systemkompetenz. In Geographie aktuell und Schule, 37 (215), 4–15

Mehren, R., A. Rempfler, E.-M. Ulrich-Riedhammer, J. Buchholz & J. Hartig (2016). Systemkompetenz im Geographieunterricht. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22 (1), 147–163

Mehren, R., A. Rempfler, J. Buchholz, J. Hartig & E. M. Ulrich-Riedhammer (2018). System Competence Modelling: Theoretical Foundation and Empirical Validation of a Model Involving Natural, Social and Human-Environment Systems. In Journal of Research in Science Teaching, 55 (5), 685–711

Rieß, W. & C. Mischo (2008). Wirkungen variierten Unterrichts auf systemisches Denken“. In U. Frischknecht-Tobler, U. Nagel & H. J. Seybold (Eds.), Systemdenken – Wie Kinder und Jugendliche komplexe Systeme verstehen lernen. Zürich: Pestalozzianum, 135–147

Rieß, W., S. Schuler & C. Hörsch (2015). Wie lässt sich systemisches Denken vermitteln und fördern? In Geographie aktuell und Schule, 37 (215), 16–29

Katja Plicht[1]
François Deuber[1]
Hendrik Härtig[2]
Alexandra Dorschu[1]

[1]Hochschule Ruhr West
[2]Universität Duisburg-Essen

Förderung der Problemlösekompetenz von Ingenieurstudierenden

Ausgangslage

Studierende verschiedener Fachrichtungen durchlaufen zu Beginn ihres Physik- oder ingenieurwissenschaftlichen Studiums Physikvorlesungen, die durch das Bearbeiten von Übungszetteln begleitet werden. Novizen der Fachdisziplin greifen dabei oftmals auf ein wenig effizientes plug-and-chuck-Verfahren zurück, bei dem eine zur Zielgröße passende Formel gesucht und weiterverwendet wird (Redish, 2006). Dieses Vorgehen verhindert jedoch eine zielgerichtete Strategie, die für ein effizienteres und verstehendes Bearbeiten Voraussetzung ist (Woitkowski, 2015).

Die verschiedenen Vorgehensweisen von Experten und Novizen lassen sich deutlich am Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001) zeigen (s. Abb. 1). Experten können demnach auf Problemschemata zurückgreifen, die einerseits die verschiedenen Ausprägungen eines Lösungsansatzes und andererseits die zugehörige Heuristik eines physikalischen Konzepts beinhalten. Bei der Bearbeitung einer Aufgabe ist es ihnen daher möglich mit dem entsprechenden Strukturwissen nach passenden Merkmalen zu suchen. Novizen fehlt dieses Wissen über Problemschemata, das in der Regel mühsam über die Bearbeitung einer gewissen Menge an Beispielproblemen gebildet werden muss (Friege, 2001). Die Erarbeitung von Lösungswegen ohne Rückgriff auf Problemschemata zeigt sich jedoch als besonders fehleranfällig (Brandenburger, 2016). Da sich schwächere Problemlöser vorrangig durch ein Scheitern an der Planung auszeichnen, während guten Problemlösern Flüchtigkeitsfehler in der Anwendung unterlaufen und das Vorgehen von Experten außerdem durch die Berücksichtigung der Tiefenstruktur einer Aufgabe gekennzeichnet ist (Brandenburger, 2016), stellt sich die Frage nach dem Einfluss dieser Kompetenz auf die Problemlösestrategie.

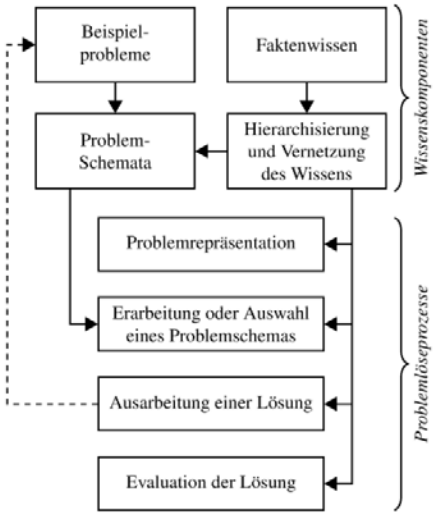


Abb. 1: Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001).

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Studierenden mit heterogenen Voraussetzungen bezüglich des Fachwissens und der Problemlösefähigkeit ins Studium starten und der Problemlöseprozess nachfolgend kaum reflektiert oder gefördert wird, sodass zum Ende des Semesters in der Regel keine zufriedenstellenden Problemlösestrategien entwickelt wurden (Woitkowski, Reinhold, 2018). Es stellt sich nun die Frage, inwiefern die Anleitung eines Reflexionsprozesses zur Etablierung der erforderlichen Problemschemata geeignet ist.

Weiterhin haben Löffler und Kauertz (2014, 2015) die Auswirkung des Kontexts auf Problemlöseaufgaben anhand der Merkmale *Kontextualisiertheit, Komplexität* und *Transparenz* untersucht, wobei letztere als einflussreichster Faktor identifiziert werden konnte und die Verknüpfung von Oberflächen- und Tiefenstruktur beschreibt. Für einen Lernprozess in diesem Bereich wird die Kontrolle dieser Größe daher als förderlich angenommen.

Zielsetzung

Aufgrund des fehlenden strategischen Vorgehens der Studierenden bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben, soll ein Übungskonzept entwickelt werden, dass die Vermittlung der relevanten Problemschemata in den Fokus stellt. Dieses setzt sich aus zwei ergänzenden Interventionen zusammen. Einerseits wird ein Strategietraining etabliert, dass die Reflexionsprozesse der Studierenden zu ihrem methodischen Vorgehen anleitet und andererseits werden Übungsblätter erstellt, die das Training eines sinnvollen Umgangs mit Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmalen ermöglichen.

Methodisches Vorgehen

Die beiden Elemente der Intervention werden dabei in einem 2x2-Design eingesetzt (s. Abb. 2). Somit soll der spezifische Einfluss auf die Anwendung der Problemschemata überprüft werden.

		Übungsblätter mit OS-/TS-Struktur	
		Nein	Ja
Strategietraining	Nein	Gruppe I	Gruppe II
	Ja	Gruppe III	Gruppe IV

Abb.2: 2x2-Design der Intervention

Analyse bestehender Aufgaben

Um die Beschaffenheit der verwendeten Aufgaben lernförderlich auszuwählen, werden die bestehenden Aufgaben zunächst anhand ihrer Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmale analysiert. Die Oberflächenmerkmale sollen dabei im Sinne einer kognitiven Entlastung einen konstant niedrigen Anspruch widerspiegeln, während die Tiefenstruktur zur Verdeutlichung der strukturellen Ähnlichkeit konzeptuell gleichartiger Aufgaben konstant gehalten wird. Die Objektivität des zugrundeliegenden Kodiermanuals wurde dabei mit einer Interraterreliabilität zwischen $\kappa = .644$ und $\kappa = 1.00$ sichergestellt. Es zeigt sich, dass neben den Oberflächenmerkmalen beispielsweise auch die *hierarchische Komplexität* nach Bernholt (2010), die hier alternativ zur *Komplexität* nach Kauertz (2008) verwendet wurde, ein geringes und wenig variierendes Niveau aufweisen, sodass die Aufgaben an dieser Stelle unverändert bleiben können. Die *Transparenz* nach Löffler und Kauertz (2014) ist in weiten Teilen nicht gegeben. Außerdem wird eine Unterteilung der relevanten Problemschemata in spezifischere Subschemata vorgenommen, die entsprechend ihrer Lösungsrelevanz für die einzelnen Aufgaben zugeordnet werden.

Auswahl der Aufgaben

Anschließend wird die Ähnlichkeit der Tiefenstruktur des Lösungsweges genutzt, um eine Einteilung der Aufgaben entsprechend der Stufe der Intervention vorzunehmen (s. Abb. 3). Zu Beginn jedes thematischen Blocks wird dabei zunächst wieder eine höhere Ähnlichkeit verwendet. Insgesamt wird die unterstützende Ähnlichkeit der Tiefenstruktur im Sinne eines

Scaffoldings über jeden Themenbereich und zusätzlich über das gesamte Semester hinweg schrittweise abgebaut.

Übungsblattdesign
Für eine Verstetigung der Identifikations- und Interpretationsfähigkeit der Aufgabenmerkmale werden Übungsphasen integriert, die anhand von Strukturierungsaufgaben umgesetzt werden. Dazu wird ihnen pro Übungsblatt eine Beispielaufgabe zur Verfügung gestellt, die die Hervorhebung und Interpretation der Tiefenstrukturmerkmale durch einen Experten beinhaltet und ein eigenständiges analoges Vorgehen vereinfachen soll. Anschließend erfolgt ein Vergleich der verwendeten Aufgaben, anhand dessen das Bewusstsein für die Klassifizierung der verschiedenen Lösungsansätze etabliert werden soll.

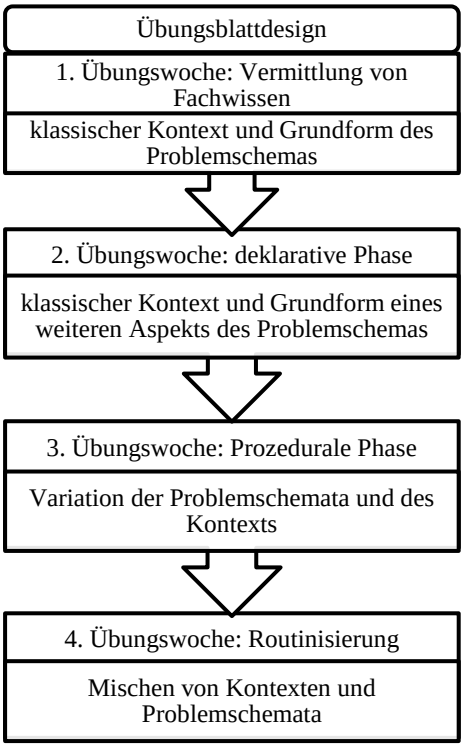


Abb. 3: Tiefenstruktur der Übungen

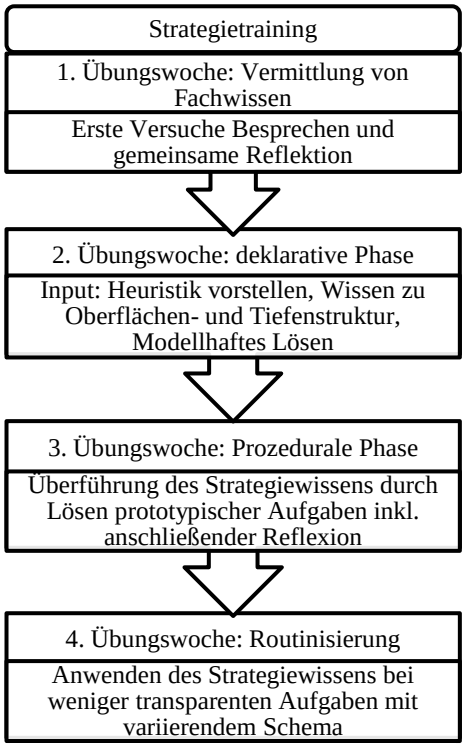


Abb. 4: Struktur des Strategietrainings

Strategietraining
Neben der Veränderung des verwendeten Materials erfolgt zusätzlich ein Strategietraining, dass die Reflektion des methodischen Vorgehens der Studierenden in den Fokus stellt (s. Abb. 4). Damit die reguläre Übung ausschließlich für diesen Metaprozess genutzt werden kann, wird die Bearbeitung der Aufgaben im Rahmen eines verpflichtenden Tutoriums durchgeführt. Somit soll die individuelle Nutzung der Angebote ermöglicht werden.

Ausblick
Derzeit werden die neu konzipierten Übungsblätter zur Präpilotierung eingesetzt und mittels der Methode des lauten Denkens auf ihre Funktionalität geprüft. Nachfolgend wird ein Testinstrument zur Messung des deklarativen Wissens über Problemschemata entworfen. Es folgt eine Pilotierung des methodischen Designs sowie aller verwendeten Testinstrumente.

Literatur

Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie: theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos-Verlag.

Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?: Eine Untersuchung mit Studierenden (Vol. 218). Logos Verlag Berlin GmbH.

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Logos-Verlag.

Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos.

Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning (pp. 171-179).

Löffler, P. & Kauertz, A. (2015). Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 648-650). Kiel: IPN.

Redish, E. F. (2006). Problem solving and the use of math in physics courses. arXiv preprint physics/0608268.

Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss.

Woitkowski, D.; Reinhold, P. (2018): Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In: Maurer, Christian (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht-normative und empirische Dimensionen. Regensburg: Universität Regensburg, S. 726–729.

Büşra Tonyali[1]
Mathias Ropohl[1]
Julia Schwanewedel[2]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Optimierung von Lehr-Lern-Materialien durch Feedback im Referendariat

Theoretischer Hintergrund

Im naturwissenschaftlichen Unterricht dienen Repräsentationen als wichtiges Medium der Wissensdarstellung und -vermittlung (Krey & Schwanewedel, 2018). Beispielsweise ist ein chemisches Experiment zum Massenerhaltungssatz ohne Molekül- oder Atommodell, Reaktionsgleichungen oder mathematische Formeln nur bedingt interpretier- und erklärbar. Im Unterricht bedarf es daher nicht nur des Einsatzes einer konkreten, fachspezifischen Repräsentation, sondern auch einer Darbietung mehrerer, unterschiedlicher Repräsentationen gemeinsam. Letztere werden zusammengefasst als multiple externe Repräsentationen (Ainsworth, 2006) und finden im naturwissenschaftlichen Unterricht eine hohe und auch wichtige Verwendung (Krey & Schwanewedel, 2018). Ihr lernförderlicher Effekt auf das Wissen und die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ist sowohl aus fachdidaktischer als auch kognitionspsychologischer Perspektive begründet (Kozma & Russell, 1997; Schnotz & Bannert, 1999).

Ohne entsprechende Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung und Gestaltung von Repräsentationen ist ein Kompetenzzuwachs seitens der Lernenden kaum möglich (Kozma & Russell, 1997). Angehende Lehrkräfte müssen zum einen Fachwissen über Repräsentationen und zum anderen fachdidaktisches Wissen erlangen, d. h. Kenntnisse über charakteristische Schülerschwierigkeiten und passende Vermittlungsstrategien (McElvany & Willems, 2012; Nitz, Enzingmüller, Prechtl & Nerdel, 2011). Untersuchungen zeigen jedoch, dass angehende Lehrkräfte über ein geringes Wissen zu Repräsentationen verfügen (Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015b). Insbesondere stellt das Unterrichten bzw. Repräsentieren von Inhalten auf makro-, mikro-, submikroskopischer und symbolischer Ebene eine dominierende Schwierigkeit dar, da Schülerschwierigkeiten und -vorstellungen häufig nicht bedacht werden (Bucat & Mocerino, 2009; van Driel, Jong & Verloop, 2002).

Neben der beschriebenen kognitiven Dimension des Professionswissens ist die Dimension der Überzeugungen Teil der professionellen Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2011). Im Unterschied zum Wissen gelten Überzeugungen als schwer veränderbar, da sie über einen langen Zeitraum aufgebaut werden (Pajares, 1992). Jedoch haben Überzeugungen einen bedeutenden Einfluss auf die Gestaltung von Unterricht und Lernprozessen und sollten somit im Hinblick auf den Einsatz von Repräsentationen seitens der Lehrkräfte ebenfalls berücksichtigt werden (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, 2008; Staub & Stern, 2002).

Zusammengefasst weisen empirische Befunde darauf hin, wie wichtig es ist, dass Lehrkräfte in der Lage sein sollten, Repräsentationen so zu gestalten und einzusetzen, dass sie für Schülerinnen und Schüler lernförderlicher sind. Trotzdem ist der unterrichtliche Einsatz von multiplen externen Repräsentationen selten Bestandteil von Curricula der Lehramtsausbildung (McElvany et al., 2009; Schroeder et al, 2011). Vor diesem Hintergrund wird eine Unterstützungsmaßnahme entwickelt, die Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern dabei helfen soll, ihre professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf den Umgang mit Repräsentationen zu erweitern. Befunde der Professionalisierungsforschung bestätigen das Potenzial von Feedback in der Aus- und Fortbildung im Hinblick auf die professionelle Kompetenz (Lipowsky, 2009). An diesem Punkt setzt das beschriebene Vorhaben an, indem die Wirksamkeit von Feedback auf das fachliche und fachdidaktische Wissen sowie auf die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern untersucht wird. Es wird

angenommen, dass vor allem die Kombination aus externem (Fremdfeedback) und internem (Selbstfeedback) Feedback dazu geeignet ist, angehende Lehrkräfte zu fördern (Butler & Winne, 1995).

Forschungsanliegen

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Klärung der Frage, wie sich das Professionswissen sowie die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern zu multiplen externen Repräsentationen mithilfe einer feedbackgestützten Intervention fördern lassen. Entsprechend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

FF1: Welchen Effekt haben externes und/oder internes Feedback auf
- a) das fachliche und fachdidaktische Wissen zu externen Repräsentationen,
- b) die Überzeugungen zu externen Repräsentationen und
- c) die Qualität von selbstgestalteten Lehr-Lern-Materialien?

FF2: Welchen Einfluss haben Faktoren, wie die Studienfachkombination oder die Schulform auf das Wissen und die Überzeugungen?

Methodisches Vorgehen

Die Untersuchung umfasst eine Intervention im Pretest-Posttest-Kontrollgruppendesign, welche als Modul in den regulären Vorbereitungsdienst implementiert wird. Angestrebt ist eine Stichprobengröße von $N = 120$ Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern. Hier liegt ein 2x2x4-Versuchsdesign mit den unabhängigen Faktoren internes und externes Feedback (2x2) und Messwiederholung (x2) zugrunde (Tab. 1). Um Interaktionseffekte zwischen externem und internem Feedback zu untersuchen, werden beide Faktoren zwischen den Untersuchungsgruppen systematisch variiert. Beide Feedbackvarianten werden anhand eines Bewertungsbogens generiert, welcher in einer Vorstudie pilotiert wurde (Tonyali, 2018).

Tab. 1: Forschungsdesign (MZP = Messzeitpunkt, KV = Kontrollvariablen)

Untersuchungsgruppen	**1. MZP**	**Intervention**			**2. MZP**
1.Internes und externes Feedback (n = 30)	Pretest, Tests der KV	Phase I	Phase II	Phase III	Posttest
2.Externes Feedback (n = 30)					
3.Internes Feedback (n = 30)					
4.Kein Feedback (n = 30)					

Tab. 2: Struktur der Intervention am Beispiel der Interventionsgruppe 1 (IF = internes Feedback, EF = externes Feedback)

Phase I				**Phase II**				**Phase III**			
Kognitionspsychologischer Inhalt				**Fachlicher** Inhalt				**Fachdidaktischer** Inhalt			
1. Woche (90 min)			2. Woche (15 min)	3. Woche (90 min)			4. Woche (15 min)	5. Woche (90 min)			6. Woche (15 min)
Impuls	Material-erstellung	Generieren von IF	Revision mittels EF	Impuls	Material-erstellung	Generieren von IF	Revision mittels EF	Impuls	Material-erstellung	Generieren von IF	Revision mittels EF

Die Intervention ist in drei Inputphasen unterteilt (Tab. 1). Jede Phase ist von der Grundstruktur identisch aufgebaut, bezieht sich jedoch auf einen anderen inhaltlichen Schwerpunkt (Tab. 2). Innerhalb einer Phase erfolgt zunächst ein kurzer Impuls, in der die angehenden Lehrkräfte ein Informationsblatt erhalten. Anschließend soll anhand dieser gegebenen Informationen ein Lehr-Lern-Material für Schülerinnen und Schüler gestaltet

werden. Zum Abschluss wird das selbsterstellte Lehr-Lern-Material je nach Untersuchungsgruppe mittels internem und/oder externem Feedback bzw. anhand des Bewertungsbogens evaluiert. Dieses Ablaufschema wird für jede Phase bzw. jeden Inhaltsschwerpunkt mit neuen Übungsmaterialien durchlaufen. So sollen angehende Lehrkräfte die Kompetenz erwerben, die Repräsentationen in ihren Lehr-Lern-Materialien selbstständig zu evaluieren, zu verbessern und zielführender zu gestalten.
Bezüglich der Testinstrumente gehören das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen sowie die Überzeugungen zu den abhängigen Variablen (Tab. 3). Die entsprechenden Testinstrumente werden in Anlehnung an bereits evaluierte Tests entwickelt. Als Kontrollvariablen werden das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen (Tepner et al., 2012) sowie Merkmale zum Ausbildungshintergrund erhoben (Abs, Döbrich, Vögele & Klieme, 2005).

Tab. 3: Adaptierte Testinstrumente

Skalen	Quellen	Überarbeitung durch
Überzeugungen zum Einsatz von Repräsentationen im Unterricht (ÜRep)	Nitz, 2012; Nitz et al., 2011	Adaption aller Items und Hinzufügen neuer Items
Chemisches Fachwissen zu Repräsentationen (CKRep)	Taskin et al., 2015a; Taskin et al., 2015b	Auswahl geeigneter Items und Hinzufügen neuer Items
Chemisches fachdidaktisches Wissen zu Repräsentationen (PCKRep)		

Da die Testinstrumente zu den abhängigen Variablen erst nach einer inhaltlichen Ergänzung und Überarbeitung der originalen Tests eingesetzt werden (Tab. 3), erfolgte zur Überprüfung der Testkennwerte eine Pilotierung. Hierzu wurden $N = 50$ Lehramtsstudierende von den Universitäten Dortmund, Duisburg-Essen und Köln befragt, welche sich im Masterstudium befinden (58 % = weiblich, mittlere Semesterzahl = 2.1).

Pilotierungsergebnisse
Zur Überprüfung der Testkennwerte wurden klassische Analysen gerechnet (Tab. 4).

Tab. 4: Testkennwerte zu den adaptierten Testinstrumenten

Test-instrument	Item-zahl	Mittelwert (*M*, *SD*)	Reliabilität (*α*)	Itemtrenn-schärfe (*r*)	Popularitäts-index (*p*)
ÜRep	14	2.00, .23[1]	.62	.09-.52	.37-.89
CKRep	14	52.49, 14.07[2]	.75	.13-.56	.14-.94
PCK Rep	12	49.35, 14.40[2]	.63	.14-.48	.06-.84

Diskussion und Ausblick
Alle Testinstrumente sind ausreichend reliabel (Kröger, 2019). Auch die Itemtrennschärfen liegen in einem zufriedenstellenden bis sehr guten Bereich, auch wenn einzelne Werte auf Verbesserungspotential hinweisen. Darüber hinaus deuten die Popularitätsindizes bzw. Lösungswahrscheinlichkeiten der Wissenstests (CKRep, PCKRep) auf ein breites Spektrum an Aufgabenschwierigkeiten hin (Döring & Bortz, 2016). Somit können auch Probanden mit besonders hohem oder niedrigem Wissen identifiziert werden (Kröger, 2019).
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die adaptierten Testinstrumente zum Einsatz in der Hauptstudie eignen werden. Im nächsten Schritt erfolgt nun die Entwicklung der Interventionsmaterialien, sodass in der ersten Hälfte des Jahres 2020 die Hauptstudie durchgeführt werden kann.

Literatur

Abs, H. J., Döbrich, P., Vögele, E. & Klieme, E. (2005). *Skalen zur Qualität der Lehrerbildung - Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Pädagogische Entwicklungsbilanzen an Studienseminaren (PEB-Sem)* (Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 12, 2. Aufl.). Frankfurt am Main.

Ainsworth, S. (2006). *DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations*. Learning and Instruction, 16(3), 183–198.

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). *Das Kompetenzmodell von COACTIV*. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 29–53). Münster: Waxmann.

Bucat, B. & Mocerino, M. (2009). *Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations*. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), Multiple Representations in Chemical Education (Bd. 4, S. 11–29). Dordrecht: Springer Netherlands.

Butler, D. L. & Winne, P. H. (1995). *Feedback and Self-Regulated Learning: A Theoretical Synthesis*. Review of Educational Research, 65, 245–281.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Springer-Lehrbuch, 5. Aufl.). Berlin: Springer.

Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). *Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften*. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22(34), 193–206.

Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). *Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena*. Journal of Research in Science Teaching, 34(9), 949–968.

Krey, O. & Schwanewedel, J. (2018). *Lernen mit externen Repräsentationen*. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (Bd. 33, S. 159–175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Kröger, J. (2019). *Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte*. Dissertation, Kiel.

Lipowsky, F. (2009). *Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmassnahmen für Lehrpersonen*. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 27(3), 346–360.

McElvany, N. & Willems, A. S. (2012). *Videobasiertes Fortbildungsmodul zur Bild-Text-Integration*. Schule NRW, (2), 68–70.

McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W. et al. (2009). *Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften*. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23(3), 223–235.

Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht: Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Nitz, S., Enzingmüller, C., Prechtl, H. & Nerdel, C. (2011). *Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht - eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte*. Unterrichtswissenschaft, 39(3), 245–262.

Pajares, M. F. (1992). *Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct*. Review of Educational Research, 62(3), 307–332.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). *Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen*. Experimental Psychology, 46(3), 217–236.

Schroeder, S., Richter, T., McElvany, N., Hachfeld, A., Baumert, J., Schnotz, W. et al. (2011). *Teachers' beliefs, instructional behaviors, and students' engagement in learning from texts with instructional pictures*. Learning and Instruction, 21(3), 403–415.

Staub, F. C. & Stern, E. (2002). *The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics*. Journal of Educational Psychology, 94(2), 344–355.

Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015a). *An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis*. Chem. Educ. Res. Pract., 16(3), 460–477.

Taskin, V., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2015b). *Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations*. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(1), 39–55.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. et al. (2012). *Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 7–28.

Tonyali, B. (2018). *Entwicklung und Evaluation eines Bewertungsbogens zur Analyse von Repräsentationen in selbsterstellten Lehr-Lern-Materialien von angehenden Lehrpersonen für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. Masterarbeit. Universität Duisburg-Essen, Essen.

Van Driel, J. H., Jong, O. D. & Verloop, N. (2002). *The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge*. Science Education, 86, 572–590.

André Große
Michael Szogs
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Merkmale von Reflexionsqualität: Erprobung eines Ratingverfahrens

Theoretischer Hintergrund

Reflexion wird als Prozess des strukturierten Analysierens angesehen, welcher zwischen Kenntnissen, Fähigkeiten und Überzeugungen einer Lehrperson und ihrem unterrichtlichen Handeln vermittelt (Schön, 1983, Korthagen, 2001). Die Reflexivität (Bereitschaft und Fähigkeit zur Reflexion) von Lehrkräften gilt als eine zentrale Kompetenz, da die Qualität der Reflexion deren Professionalisierung wesentlich beeinflusst (Baumert & Kunter, 2006; Hiebert et al., 2007), indem sie als Brückenbildner zwischen individuellen Erfahrungen und dem Wissen und Handeln fungiert (Heiner, 2004).

Forschungsdesiderata

Den methodischen Kern dieser Forschungsarbeit bildet die Konzeption eines Ratingmanuals zur unmittelbaren Bewertung der Qualität reflexiver Prozesse in der Analyse von Physikunterricht und eine Überprüfung des Instruments auf seine Funktion und Güte. Zur Validierung soll untersucht werden, ob sich erwartungskonforme Wirkzusammenhänge zwischen der Reflexionsqualität von Physiklehrer*innen und ihrer Unterrichtsqualität, professioneller Kompetenz sowie deren Entwicklungen zeigen. Die Untersuchung dieser Wirkzusammenhänge bildet gleichzeitig die inhaltlichen Forschungsdesiderata dieser Arbeit und soll über die Validierung hinaus Erkenntnisse liefern, wie die Reflexivität mit der professionellen Kompetenz zusammenwirkt, aber auch die Professionalisierung angehender Physiklehrkräfte und deren Unterrichtsqualität beeinflusst, um Gelingensbedingungen in der Lehrer*innenbildung zu identifizieren.

Methode und Instrumente

In einem etablierten Lehr- und Forschungssetting werden, durch Studierende und Referendar*innen, in sich abgeschlossene Unterrichtsminiaturen geplant und vorbereitet, welche an einem Unterrichtstag in einer kooperierenden Schule durchgeführt werden. Dabei unterrichten fünf Lehrpersonen in den ersten beiden Schulstunden direkt nacheinander (je 12 Minuten) die Hälfte einer Schulklasse. Im Anschluss (3./4. Stunde) erfolgt eine kollegiale Reflexion der Unterrichtsversuche durch die Lehrpersonen, Peers und Dozierenden. Die fünf Reflexionsgespräche (jeweils ca. 20 Minuten) werden videografiert. Im Anschluss haben die Lehrpersonen kurz Zeit, um gemeinsam entwickelte Handlungsoptionen in ihre Unterrichtsminiatur einzubauen. In der 5./6. Stunde werden dieselben Miniaturen in abgewandelter Form mit der anderen Hälfte derselben Klasse durchgeführt. Daran anknüpfend erfolgt eine kollegiale Feedbackrunde in der 7./8. Stunde (Korneck & Sach, 2006).

Die in diesem Rahmen videografierten Unterrichtsversuche und kollegialen Reflexionsgespräche werden bereits quantitativ und qualitativ untersucht. Während die Unterrichtsversuche mit Hilfe eines Ratingmanuals hinsichtlich verschiedener Unterrichtsqualitätsmerkmale untersucht werden (153 Items, 20 Subskalen) (Szogs, 2017), erfolgt eine Kodierung der kollegialen Reflexionsgespräche anhand verschiedener Reflexionsmerkmale (Reflexionsinhalte: 41 Kategorien | Refl.-tiefe: 6 | Begründungen: 5 |

Perspektivwechsel: 3) (Szogs, 2019). Ferner wird ein Inventar zur Erfassung der professionellen Kompetenz (fachdidaktisches Wissen, Fachwissen, pädagogisches Wissen, Überzeugungen zum transmissiven und selbstständigen Lernen sowie das Wissenschaftsverständnis) eingesetzt (Korneck, Krüger & Szogs, 2017). Mithilfe dieser bereits im Einsatz befindlichen Instrumente können erste Wirkzusammenhänge bezüglich der professionellen Kompetenz von Physiklehrkräften aufgeklärt werden (ebd.).

Die Kodierung kollegialer Reflexionsgespräche (Auswertung von aktuell ca. 3500 Einzelaussagen) zeigt u.a., dass ein erhöhter Anteil von Begründungen in den getätigten Aussagen sich positiv auf die Entwicklung der Unterrichtsqualität auswirkt. Des Weiteren beteiligen sich Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität deutlich stärker an Reflexionen und reflektieren in adäquaterer Tiefe (Szogs, Große & Korneck, in diesem Band).

Nachdem mittels eines Kodiermanuals eine qualitative Charakterisierung von reflexiven Prozessen vorgenommen werden kann, soll in einem nächsten Schritt ein Instrument zur unmittelbaren Messung der Qualität von Reflexionsprozessen (ohne Verkürzungs-/Verallgemeinerungsmaßnahmen) entwickelt werden. Die damit angestrebte Erweiterung des Instrumentenspektrums durch ein hoch-inferentes Ratingverfahren bietet die Möglichkeit der Untersuchung hinsichtlich lernrelevanter Aspekte innerhalb kollegialer Reflexionsgespräche.

Ratingprozess und Überblick der Skalen

Das in Planung befindliche Ratingverfahren soll von geschulten Rater*innen ausgeführt werden, welche aktuell bereits Merkmale von Unterrichtsqualität hoch-inferent einschätzen. Um Beurteilungen hinsichtlich des Bezugs auf lernrelevante Aspekte innerhalb von Reflexionsgesprächen vornehmen zu können, betrachten die Rater*innen zunächst den videografierten Unterrichtsversuch (ca. 15 Min), bevor sie das dazugehörige Reflexionsgespräch analysieren (ca. 20 Min). Im Anschluss an diese zwei Videos erfolgt der Einsatz des Manuals zur Einschätzung von Merkmalen der Reflexionsqualität (ca. 20 Min). Die Einschätzungen werden für die Reflexionsgruppe überwiegend in Gesamtheit vorgenommen, demnach wird meist nicht zwischen unterschiedlichen Teilnehmer*innen(gruppen) differenziert. Nur bei einzelnen Subskalen und Items findet eine getrennte und individuelle Beurteilung der Personengruppen „Lehrperson“, „Peers“ und „Dozierende“ statt.

Zur Konzeption des Ratingverfahrens orientiert sich das Modell inhaltlich u.a. am Reflexionszyklus nach Korthagen (2001), an Motiven und Charakteristika von Aktionsforschung (Altrichter & Posch, 2018) sowie den Basisdimensionen von Unterrichtsqualität (Klieme et al., 2001). Bei den bisherigen Untersuchungen reflexiver Prozesse wird auf qualitative Ansätze zurückgegriffen. Im Rahmen dieser Arbeit werden hieraus übergeordnete Merkmale abgeleitet und ergänzt, um Merkmale von Reflexionsqualität herauszuarbeiten und einschätzbar zu gestalten. Das Ratingmanual besteht gegenwärtig aus acht Skalen, welche durch rahmengebende Grundideen und jeweils circa fünf bis zehn einzuschätzende Items gebildet werden. Die einleitenden Grundideen dienen der Einführung und differenzierenden Beschreibung der Merkmale, die mit der Skala erfasst werden sollen. Darauf aufbauend werden die nachgelagerten Items, die Indikatoren für die jeweiligen Reflexionsmerkmale darstellen, auf einer vierstufigen Likert-Skala eingeschätzt. Die aktuelle Konzeption des Instruments wird in Abbildung 1 dargestellt.

Abb. 1: Aktuelle Konzeption des Instruments

Dabei wird bei der Ausprägung von Reflexionsaussagen hinsichtlich lernrelevanter Aspekte eine getrennte Beurteilung von Bezügen zu Elementen von Kognitiver Aktivierung, Konstruktiver Unterstützung (strukturell, affektiv), Klassenführung sowie der fachlichen Qualität als „vierte Basisdimension" (Lipowsky, 2017) vorgenommen. Derartige Bezüge treten in allen Phasen des Reflexionsprozesses auf, weshalb die Skalen „Abbildung von Unterricht" sowie „Qualität von Handlungsoptionen" den Fokus auf Aspekte von Basisdimensionen setzen und gleichzeitig eine Einschätzung hinsichtlich der Lernrelevanz und Planungskonsequenz einfordern. Die Skalen „Struktur und Transparenz im Reflexionsprozess" sowie „Kollegiale Reflexionspraxis" erheben weitere Aspekte von Reflexionsqualität, welche im Zuge einer professionellen Weiterentwicklung von Kompetenz und Performanz durch Reflexionsprozesse als förderlich gelten (Hatton & Smith, 1995; Korthagen et al., 2005).

Ausblick

Nach einer Prüfung des Ratingmanuals auf Funktionalität und Güte, soll dieses die Merkmale von Reflexionsqualität unmittelbar und reliabel erfassen. Durch eine Kombination mit der Kodierung videografierter Reflexionsprozesse können zukünftig sowohl das Vorkommen von Merkmalen sowie deren Beitrag zur Optimierung von Unterrichtsqualität untersucht werden. Hierdurch sollen weitere Wirkzusammenhänge zur professionellen Kompetenz sowie zwischen der Reflexionsqualität und Unterrichtsqualität von Physiklehrkräften identifiziert werden. Nach einer Pilotierungsphase soll das Instrument auch im Rahmen von Fortbildungsprogrammen für Physiklehrkräfte im aktiven Schuldienst Einsatz finden und weiterentwickelt werden.

Literatur

Altrichter, H. & Posch, P. (2018). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. 5., grundlegend überarbeitete Auflage. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9. 469-520.

Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. Teaching and Teacher Education, 11(1), 33-49.

Heiner, M. (2004). Professionalität in der sozialen Arbeit. Theoretische Konzepte, Modelle und empirische Perspektiven.

Hiebert, J. et al. (2007). Preparing Teachers to Learn from Teaching. Journal of Teacher Education - J TEACH EDUC. 58. 47-61.

Klieme, E. et al. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: „Aufgabenkultur“ und Unterrichtsgestaltung im internationalen Vergleich. In E. Klieme, & J. Baumert (Hrsg.), TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht (S. 43–57). Bonn: BMBF.

Korneck, F. & Sach, M. (2006). Kooperation zwischen den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung im Rhein-Main-Gebiet - Überblick und Beispiel einer gemeinsamen Seminarveranstaltung zu Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback. In: V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft - Kassel 2006. Berlin: Lehmanns Media.

Korneck, F. Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In Fischler, H. Sumfleth, E. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (S. 113-133).

Korthagen, F. (2001). Eine Reflexion über Reflexion. In F. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), Schulwirklichkeit und Lehrerbildung (S. 55-73). Hamburg: EB-Verlag.

Korthagen, F. et al. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional development. Teachers and Teaching: Theory and Practice, 11, pp. 49-73.

Lipowsky, F. (2017). Kognitive Aktivierung und fachliche Unterrichtsqualität – Die gleiche Seite der Medaille? Vortrag auf der Tagung der Kommission Schulforschung und Didaktik der DGfE und der GoetheUniversität. 06.03.2017. Frankfurt am Main.

Schön, D. (1983). The reflective practitioner. New York: Basic Books.

Szogs, M. et al. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der Φactio-Studie. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (S. 256). Universität Regensburg.

Szogs, M. et al. (2019). Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 329). Universität Regensburg.

Förderhinweis: “The Next Level – Lehrkräftebildung vernetzt entwickeln” wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert

Christine Meißner
Christiane Klempin
René Dohrmann
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Veränderung der Reflexionskompetenz im Lehr-Lern-Labor

Praxisphasen im Lehramtsstudium sind aus theoretischer und normativer Perspektive notwendig und wünschenswert (Rehfeldt et al., 2018). Für eine effektive Gestaltung von Praxisphasen ist neben einer theoriegeleiteten Planung, Durchführung und Neuplanung von Unterricht, eine theoriebasierte Reflexion selbst erfahrener Praxis erforderlich (ebd.). Dies kann in sogenannten Lehr-Lern-Laboren (LLL) erfolgen. LLL sind außerschulische Lernorte mit Laborcharakter, bei denen Studierende komplexitätsreduzierte Unterrichtssituationen planen und mit Schüler*innen durchführen (Dohrmann & Nordmeier, 2015, 1f.). An der Freien Universität Berlin können Studierende daher bereits im Bachelorstudium erste (reflektierte) Praxiserfahrungen im physikdidaktischen LLL „Schwimmen, Schweben, Sinken“ sammeln. Im konzeptionell vergleichbaren LLL-Seminar Englisch (LLLSE), ebenfalls an der Freien Universität verortet, erhalten indes Englischlehramtsstudierende die Möglichkeit zur Unterrichtserprobung und hoch strukturierten Reflexion ihres Praxishandelns unter unmittelbarer didaktischer Theorieanbindung in einem in seinen Anforderungen an die Studierenden reduzierten universitären Handlungsrahmen (Klempin et al., 2019). Bisherige Studien im Rahmen des LLL von Dohrmann (2019) haben aufgezeigt, dass sich die Einstellung gegenüber Reflexion im Laufe des Seminars positiv entwickelt. Dieser Befund gab Anlass für systematische Folgeuntersuchungen der studentischen Reflexionskompetenzentwicklung im Verlauf beider LLL-Formate. Didaktische Reflexionskompetenz wird hierbei als überaus komplexes Konstrukt, die Dimensionen Reflexionstiefe (Abels, 2011) und -breite (Leonhard, Wüst & Helmstädter, 2011) umfassend, begriffen.

Wirksamkeit der LLL: Hypothesen

Im Zuge der Untersuchung der Wirksamkeit des LLL in der Physik- sowie des LLLSE in der Englischdidaktik hinsichtlich der Veränderung der Reflexionskompetenz wurden die folgenden Forschungshypothesen bearbeitet:

LLL „Schwimmen, Schweben, Sinken“ (Physikdidaktik)

1. Die Reflexionstiefe von Teilnehmer*innen erhöht sich im Rahmen des LLL.

LLLSE (Englischdidaktik)

2. LLLSE-Teilnehmende erfahren einen statistisch signifikanten höheren Pre-Post-Zuwachs von sowohl didaktischer Reflexionstiefe als auch Reflexionsbreite im Vergleich zu einer Kontroll- (KG) und Parallelgruppe (PG).
3. Alle erfassten Kovariaten (Vorwissen zur Reflexion von Unterricht, Praxisvorerfahrung, soziale Erwünschtheit, Persönlichkeitsmerkmale für eine erfolgreiche Reflexion, Schreibfreudigkeit) haben keinen statistischen Einfluss auf die Reflexionstiefen- und Reflexionsbreitenentwicklung aller Untersuchungsgruppen (LLLSE, PG und KG).
4. Gemäß theoretischer Vorannahmen ist der statistische Zusammenhang bezüglich des Zuwachses von didaktischer Reflexionstiefe und -breite positiv und mittel bis stark ausgeprägt, sodass von didaktischer Reflexionskompetenz als übergeordnetem Konstrukt ausgegangen werden kann.

Das LLL „Schweben, Schwimmen, Sinken“ und Studiendesign in der Physikdidaktik

Das LLL „Schwimmen, Schweben, Sinken“ ist ein Block-Seminar mit zyklischem Verlauf, bei dem mehrere Elemente iterativ zweimal durchlaufen werden: Die Planung von Unterrichtsminiaturen, die Durchführung dieser mit einer Schüler*innengruppe, eine Reflexion abgelaufener Prozesse und eine Adaption von Planung und Materialkonstruktion (Nordmeier et al., 2014).

Zur Bestimmung didaktischer Reflexionstiefe (Abels, 2011), als eine Dimension didaktischer Reflexionskompetenz (Leonhard, Wüst, & Helmstädter, 2011), ist sowohl im physik- wie auch im englischdidaktischen LLL in einem weiteren Schritt eine offene schriftliche Diskursvignette (Rehm & Bölsterli, 2014) als Erhebungsinstrument zum Einsatz gekommen. Die Befragungen fanden als Paper-Pencil-Test im Pre-Post-Design statt (Pre = erste Sitzung, Post = letzte Sitzung).

Der Vignettentest wurde in der Physikdidaktik mit zwei Kohorten im Wintersemester 2017/18 durchgeführt. Zum einen mit Physik-Lehramtsstudent*innen (N = 12) und mit Student*innen des Bachelorstudiengangs Grundschulpädagogik mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaften (N = 40). Zur Datenanalyse folgten eine deduktive qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) anhand des Kategoriensystems von Klempin (2019) sowie eine für Messzeitpunkt und Untersuchungsgruppe verblindete Zuordnung der Vignetten zu selbigem Reflexionsstufenmodell. Die Zweitcodierung kann mit einem Krippendorff’s $\alpha = .96$ als zuverlässig eingestuft werden (Mayring, 2015, S. 127f.). *Cohen‘s* κ liegt bei $\kappa = .95$, welches einer (fast) vollkommenen Übereinstimmung der zwei Rater entspricht (Landis & Koch, 1977, S. 165f.). Zur statistischen Analyse wurde ein t-Test für abhängige Stichproben, sowie ein Wilcoxon-Test durchgeführt.

Das LLLSE und Studiendesign in der Englischdidaktik

Das LLLSE stellt eine Adaption des ursprünglich naturwissenschaftlichen LLL-Konzeptes für die Ausbildung angehender Englischlehrkräfte dar (Rehfeldt et al., 2016), folgt dabei allerdings dem zyklischen Verlauf des physikdidaktischen LLL (Nordmeier et al., 2014). Es versteht sich weiterhin als gezielte Intervention zur Stärkung didaktischer Reflexionskompetenz von Englischlehramtsstudierenden. Demgemäß beinhaltet das LLLSE mit einer *Cognitive Apprenticeship* (Schädlich, 2015), einem *Noticing Training* (van Es & Sherin, 2002), hoch strukturiert verlaufenden Reflexionssitzungen (Rodgers, 2002) sowie einer Erprobung von Unterricht unter Reduktion der Anforderungskomplexität (Klempin et al., 2019) insgesamt vier Mikrointerventionen zur systematischen Anbahnung von didaktischen Reflexionskompetenzen der teilnehmenden Englischlehramtsstudierenden (Klempin, 2019). Zugleich dient das LLL auch der gezielten Entwicklung englischdidaktischen Wissens (vgl. hierzu ausführlicher Klempin, 2019). Beide Dimensionen der Reflexionskompetenz, Reflexionstiefe und -breite, wurden gemäß *Mixed-Methods*-Ansatzes (Kuckartz, 2014) in einem quasi-experimentellen Pre-Post-Kontroll- und Parallel gruppendesign qualitativ mittels Diskursvignetten, wie für das Physik-LLL bereits oben dargelegt, zu zwei Messzeitpunkten erfasst.

Zur Reflexionstiefenerfassung wurden die Vignetten anschließend induktiv inhaltsanalytisch (Kuckartz, 2012) ausgewertet. Induktiv war das Vorgehen deshalb, weil sowohl Kategoriensystem wie auch Reflexionsstufenmodell von Abels (2011) der Datenanalyse und der Ausschärfung eines adaptierten Kategoriensystems und Stufenmodells dienten (Klempin, 2019), welche daraufhin im Physik-LLL zum Einsatz kamen (s. o.). Die Vignettenzuteilung im LLLSE fand im *Double-Blind*-Verfahren statt (Snodgrass, 2006) und gemäß Krippendorff (2004, S. 241) besteht mit $\alpha = .92^{***}$ ein sehr guter Überlapp über alle erfassten Kohorten der Sommersemesters 2016 bis 2018 (N = 169) hinweg. Die Vignettenzuordnung zu Abels‘ (2011) Ausgangsstufenmodell ergab so einen Rangscore für alle Vignetten der Experimental-

(LLLSE, N = 93), Kontroll- (N = 63) und Parallelgruppe (N = 13), auf dessen Grundlage wiederum statistische Analysen angeschlossen wurden (*MANCOVA* und t-Tests, *Rstudio*).
Weiterhin wurden die induktiv gewonnenen Kategorien mit der Modellierung englischdidaktischen Wissens von König und Kolleg*innen (2016) abgeglichen, um darüber im Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe die Reflexionsbreitenentwicklung nachvollziehen zu können. Auch diese Analysen erfolgten im *Double-Blind*-Verfahren (Snodgrass, 2006) durch drei geschulte Kodierende und wurden durch kommunikativ-konsensuelle Validierungen begleitet.
Daneben konnten mittels *Paper-Pencil*-Fragebogen zu drei Messzeitpunkten (Pre = 1. Seminarsitzung, Inter = nach der 1. Praxis und Post = letzte Sitzung) die Studierendenselbstwirksamkeitserwartung (Pfitzner-Eden, 2015), zum Pre-Messzeitpunkt studierendenbezogene Hintergrundvariablen (z.B. Praxisvorerfahrung, Vorwissen zur Reflexion von Unterricht), sozial erwünschtes Antwortverhalten (Stoiber, 1999) sowie Persönlichkeitsmerkmale für eine erfolgreiche Reflexion (Satow, 2012) sowie zu einem Pre- und Post-Messzeitpunkt die Schreibfreudigkeit der Studierenden (operationalisiert als Zeichenlänge der Vignetten) erfasst werden.

Ergebnisse
Die Teilnahme am LLL „Schwimmen, Schweben, Sinken“ führte zu einer leichten Steigerung der Reflexionstiefe für alle Studierenden. Der Mittelwert der Reflexionstiefe bei der Pre-Erhebung lag bei $M = 1.94$ ($SD = 0.64$) und zeigte eine Zunahme auf $M = 2.00$ ($SD = 0.63$) zur Post-Erhebung. Der Mittelwertunterschied ist nicht signifikant, $t(51) = 0.55$, $p = .58$ und mit $d = 0.08$ liegt gemäß Konvention auch kein bedeutsamer Effekt vor (Cohen, 1988). Ein Vergleich der beiden Subkohorten zeigt: Bei Student*innen des Sachunterrichts mit Schwerpunkt Naturwissenschaften ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied, $t(39) = 0.68$, $p = .50$, zwischen Pre-$M = 2.03$ ($SD = 0.66$) und geringerem Post-$M = 1.95$ ($SD = 0.60$). Erneut liegt kein Effekt vor, $d = 0.10$. Für die Physik-Lehramtsstudent*innen lag der Mittelwert der Pre-Erhebung bei $M = 1.67$ ($SD = 0.14$) und erhöhte sich Post auf $M = 2.17$ ($SD = 0.21$). Der zeitliche Unterschied ist hierbei nicht signifikant, $Z = 1.86$, $p = .06$, allerdings mit mittlerer Effektstärke von $d = 0.79$. Insgesamt kann für beide Kohorten eine Tendenz in Bezug auf die Zunahme der Reflexionstiefe festgestellt werden. Da die Ergebnisse nicht signifikant und die Effektstärken minimal sind, kann darüber hinaus bezüglich Hypothese 1 keine Aussage getroffen werden.
Im LLLSE ergab die inferenzstatistische Analyse mittels *MANCOVA (Rstudio)* der kumulierten Daten aller Kohorten, dass alle oben genannten Hypothesen 2. bis 4. verifiziert werden können (vgl. hierzu ausführlich Klempin, 2019). Damit entwickeln LLLSE-Teilnehmende nicht nur statistisch bedeutsam häufiger eine multiperspektivische, theoriefundierte Sicht auf Unterricht (ersichtlich am Reflexionstiefenzuwachs), sondern vergrößern auch deutlich ihre englischdidaktischen Wissensbestände (erkenntlich am Reflexionsbreitenzuwachs) gegenüber solcher Englischlehramtsstudierender, die ein didaktisches Theorieseminar (KG) oder aber ein mit dem LLLSE konzeptionell vergleichbaren PG-Seminar, ohne die eingangs genannten Mikrointerventionen zur Reflexionskompetenzförderung, besuchen. Die Befunde der LLLSE-Studie sprechen demnach auch dafür, das eine systematisch begleitete (s.o. *Cognitive Apprenticeship* und *Noticing Training*) theoriebasierte und hoch strukturierte ablaufende Reflexion (s.o. Reflexionszyklus nach Rodgers, 2002) selbst erlebter und in seiner Schwierigkeit reduzierter Unterrichtspraxis (Klempin et al., 2019) positiv auf die Reflexionskompetenzentwicklung von Englischlehramtsstudierenden einwirken kann.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden (Dissertation).

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Dohrmann, R., & Nordmeier, V. (2015). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. PhyDid B -Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal.

Dohrmann, R. (2018). Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht). Logos Verlag Berlin GmbH, Berlin (Dissertation).

König, J., Lammerding, S., Nold, G., Rohde, A., Strauß, S. & Tachtsoglu, S. (2016). Teachers' Professional Knowledge for Teaching English as a Foreign Language: Assessing the Outcomes of Teacher Education. Journal of Teacher Education, 1-18.

Klempin, C., Rehfeldt, D., Seibert, D., Brämer, M., Köster, H., Lücke, M., Nordmeier, V., & Sambanis, M. (2019). Prävention des Praxisschocks über Komplexitätsreduktion: Das „Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS)“ als theoriegestützte Praxiserfahrung für angehende Lehrende mit vier fachdidaktischen Schwerpunkten, Unterrichtswissenschaft.

Klempin, C. (2019). Reflexionskompetenz von Englischlehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor-Seminar. Eine Interventionsstudie zur Förderung und Messung. J.B. Metzler (Dissertation).

Klempin, C., Rehfeldt, D., Seibert, D., Brämer, M., Köster, H., Lücke, M., … Sambanis, M. (2019). Prävention des Praxisschocks über Komplexitätsreduktion: Das „Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS)“ als theoriegestützte Praxiserfahrung für angehende Lehrende mit vier fachdidaktischen Schwerpunkten. Unterrichtswissenschaft.

Krippendorff, K. (2004). Content Analysis An Introduction to Its Methodology (2. Aufl.). Thousand Oaks: CA Sage Publications.

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim/Basel: Beltz/Juventa.

Kuckartz, U. (2014). Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. (Bd. 13). Wiesbaden: Springer VS.

Landis, J. R., & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics (33),159–174.

Leonhard, T., Wüst, Y., & Helmstädter, S. (2011). Evaluations- und Forschungsbericht Schulpraktische Studien 2008-2010. Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. (12., überarb. Aufl). Weinheim: Beltz.

Neuber, Katharina; Göbel, Kerstin (2016): Schülerrückmeldungen zum Unterricht und Unterrichtsreflexion. Dokumentation der entwickelten Erhebungsinstrumente im Projekt „Schülerrückmeldungen zum Unterricht und ihr Beitrag zur Unterrichtsreflexion im Praxissemester (ScRiPS)“ - Erste Skalenanalysen -. Hg. v. Universität Duisburg Essen.

Nordmeier, V., Käpnick, F., Komorek, M., Leuchtner, M., Neumann, K., & Priemer, B. (2014). *Antrag auf Finanzierung des Entwicklungsverbundes „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forshcungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung“. Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung Deutsche Telekom Stiftung.* Freie Universität Berlin.

Pfitzner-Eden, F. (2015). Evaluation of a teacher preparation program using the development of teacher self-efficacy as an outcome - a longitudinal study (Dissertation).

Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Mehrtens, T. & Nordmeier, V. (2016). Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht. S. Bernholt (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel.

Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Lücke, M., Sambanis, M., & Nordmeier, V. (2018). Mythos Praxis um jeden Preis? Die Wurzeln und Modellierung des Lehr-Lern-Labors. die hochschullehre, 4, 90–114.

Rodgers, C. R. (2002). Seeing student learning: teacher change and the role of reflection. Harvard Educational Review, 72(2), 230-253.

Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 213–225). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.

Snodgrass, R. (2006). Single- Versus Double-Blind Reviewing: An Analysis of the Literature. SIGMOD Record, 35(3), 8-21.

Stoiber, K. C. (1991). The Effect of Technical and Reflective Preservice Instruction on Pedagogical Reasoning and Problem Solving. Journal of Teacher Education, 42(2), 131-139.

Silke Rönnebeck[1]
Mathias Ropohl[3]
Frank Lüthjohann[1]
Julia Schulz[1]
Helena van Vorst[3]
Kerstin Kremer[2]
Knut Neumann[1]
Jeff Nordine[1]
Aiso Heinze[1]
Ilka Parchmann[1]
Nina Klietsch[1]
Klaus Ruppersberg[1]

[1]IPN Kiel
[2]Leibniz-Universität Hannover
[3]Universität Duisburg-Essen

Co-Design durch Open Educational Resources (OER): das Projekt OER@IPN

Theoretischer Hintergrund

Die Verbesserung von Unterricht ist ein zentrales Ziel der fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Forschung. Dabei liefert die Forschung nicht nur Erkenntnisse über erfolgreiche Unterrichtskonzepte, sondern entwickelt auch Materialien zur Umsetzung dieser Konzepte im Unterricht. Nichtsdestotrotz stellt die Umsetzung für viele Lehrkräfte eine große Herausforderung dar (Gago et al., 2004; Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme, & Köller, 2016). Studien wie PISA zeigen, dass bestimmte Problembereiche mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts trotz intensiver Forschung und Materialentwicklung bestehen bleiben. So gelingt es Unterricht beispielsweise oft nicht, den Schülerinnen und Schülern die Relevanz der Naturwissenschaften für ihr tägliches Leben bewusst zu machen (Reiss et al., 2016), Experimente folgen häufig kochbuchartigen Anweisungen anstatt die Schülerinnen und Schüler kognitiv zu aktivieren (‚hands-on' statt ‚minds-on) und Rückmeldungen erfolgen oft nicht in einer lernförderlichen Art und Weise (Schiepe-Tiska et al., 2016). Es bleibt somit die Frage, wie der Transfer von Forschungserkenntnissen in die Unterrichtspraxis besser gelingen kann.

Grundsätzlich stellt der Zugang zu Unterrichtsmaterialien heutzutage kein Problem dar. Im Internet frei verfügbare Materialien sind für Lehrkräfte zu einer wichtigen Quelle der Unterrichtsgestaltung geworden (Deutsche Telekom Stiftung & IfD Allensbach, 2013; forsa Politik- und Sozialforschung GmbH, 2014). Inwieweit die Materialien fachdidaktisch fundiert entwickelt und/oder empirisch erprobt wurden, bleibt für die Nutzerinnen und Nutzer jedoch häufig unklar. Aus der Implementationsforschung ist zudem bekannt, dass das reine Bereitstellen von Materialien nicht ausreichend ist, um Unterrichtsroutinen nachhaltig zu verändern (Gräsel & Parchmann, 2004; Lipowsky, 2010). Erfolgreiche Implementationsprozesse erfordern vielmehr eine langfristige Zusammenarbeit von Forschung und Unterrichtspraxis, wie sie beispielsweise in Communities of Practice (CoPs) gelingen kann (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle, 2008; Fischer & Rieck, 2014; Ostermeier, Prenzel, & Duit, 2010; Parchmann et al., 2006). An dieser Stelle verspricht die Aufarbeitung und Bereitstellung von forschungsbasiert entwickelten Unterrichtsmaterialien als *Open Educational Resources* (OER) großes Potenzial. Der Begriff OER umschreibt Lehr-Lern-Ressourcen, die unter offenen Lizenzen veröffentlicht wurden und somit weitgehende Rechte der Nutzung, Bearbeitung und Weiterverbreitung erlauben. Sie stellen ein ideales Werkzeug für die gemeinschaftliche Weiterentwicklung von Unterricht in CoPs dar, dessen Potenzial bisher kaum ausgeschöpft wird (Zervas, Alifragkis, & Sampson, 2014).

Ziele und Konzept von OER@IPN

Vor diesem Hintergrund möchte das Projekt OER@IPN den erfolgreichen Ansatz der CoPs mit OER als (neuem) Transfermedium zusammenbringen, um im Bereich der MINT-Fächer den Transfer von Forschung in die Unterrichtspraxis nachhaltig zu fördern und zu unterstützen (Abbildung 1).

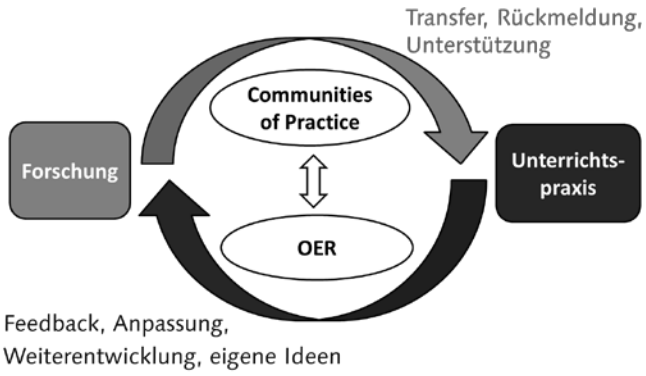


Abb. 1. Co-Design durch OER und Communities of Practice im Projekt OER@IPN.

Der Ansatz verfolgt dabei drei Ziele:

- Forschungsbasiert entwickelte Materialien zu grundlegenden fachdidaktischen Konzepten sollen in Zusammenarbeit von abgeordneten Lehrkräften und Fachdidaktiker*innen aufbereitet und für Lehrkräfte als OER auf einer OER-Plattform zugänglich gemacht werden. Zunächst werden dies vorrangig Materialien aus der fachdidaktischen Forschung sein, perspektivisch können diese aber durch Materialien aus der Unterrichtspraxis und Fachforschung ergänzt werden.
- In CoPs aus Lehrkräften bzw. Lehrkräften im Vorbereitungsdienst, abgeordneten Projektlehrkräften und Fachdidaktiker*innen sollen die OER-Materialien gemeinschaftlich weiterentwickelt werden. Die Weiterentwicklung umfasst die Anpassung für und das Ausprobieren im eigenen Unterricht, die Überarbeitung der Materialien basierend auf den Erfahrungen aus der Erprobung, Rückmeldungen an die Entwickler*innen sowie der Transfer der vorgestellten Konzepte beispielsweise auf andere Klassenstufen oder Unterrichtsthemen. Der Co-Design-Prozess in den CoPs soll durch Forschung begleitet werden, um ein besseres Verständnis der OER-Nutzung, der aktiven Mitarbeit von Lehrkräften und der Kooperation von Fachdidaktik (Forschung) und Lehrkräften (Praxis) über OER zu erlangen.
- Langfristig (über die Projektlaufzeit hinaus) soll über (virtuelle) CoPs eine aktive Kooperation von fachdidaktischer Forschung und Unterrichtspraxis etabliert werden.

Entwicklung der OER-Materialien

Ziel der OER-Plattform ist es nicht, eine umfassende Datenbank zu Unterrichtsmaterialien zu erstellen. Vielmehr sollen fachdidaktisch relevante Themenbereiche wie beispielsweise Forschendes Lernen, Kontextbasierter Unterricht oder Diagnose und Bewertung aufgegriffen und anhand ausgewählter Beispielmaterialien zugänglich gemacht werden. Ein zentraler Ansatz des Projektes ist es, diese Materialien fachdidaktisch einzubetten, um Lehrkräfte durch zusätzliche Informationen oder Materialien in der fachdidaktisch intendierten Nutzung des Materials zu unterstützen. Ein Beispiel für eine solche Einbettung zeigt Abbildung 2. Im Zentrum steht eine Unterrichtseinheit zum Forschenden Lernen im Themenbereich

Enzymatik, die im Rahmen einer Dissertation entwickelt und beforscht wurde (Arnold, 2015; Arnold & Kremer, 2012). Die ursprüngliche Unterrichtseinheit wurde überarbeitet und um OER-Materialien für die Lehrkraft und die Schülerinnen und Schüler ergänzt. Für die Lehrkraft entstanden zusätzliche Hinweise zum verwendeten Experiment sowie Video-Tutorials über das Konzept des Forschenden Lernens allgemein sowie den in der Unterrichtseinheit im Besonderen angesprochenen Aspekt des Experimentierens. Für die Schülerinnen und Schüler wurden Stopp-Motion-Videos erstellt, die das benötigte Fachwissen thematisieren, sowie Concept Cartoons zur Auseinandersetzung mit Kompetenzen des Forschenden Lernens aus der Dissertation von Julia Arnold (2015) bereitgestellt. Neben der fachdidaktischen Einbettung sind eine curriculare Einordnung der Materialien (zu Inhaltsbereichen und Kompetenzen) und editierbare (und damit für die Lehrkraft adaptierbare) Formate wichtige Kernpunkte der Materialentwicklung.

Abb. 2. Beispiele unterstützender OER-Materialien für die Lehrkraft (Videotutorial links) und die Schülerinnen und Schüler (Stopp-Motion-Film rechts).

Stand der Arbeiten und Ausblick

In der ersten Projektphase wurden exemplarisch Materialien für die Fächer Biologie, Chemie, Naturwissenschaften und Physik entwickelt, wobei jedes Fach seine spezifischen Schwerpunkte hat. Die Materialien adressieren dabei unter anderem fachdidaktische Konzepte wie z. B. Forschendes Lernen, Kontextbasierten Unterricht oder Diagnose und Bewertung, aber auch eher fachbezogene Konzepte wie Evolution, Robotik oder das Energiekonzept. Parallel wurde mit dem Aufbau einer OER-Plattform für das Bereitstellen der Materialien und die gemeinschaftliche Arbeit in den CoPs begonnen. Momentan beginnt die zweite Phase mit der Arbeit in den CoPs. Diese bestehen zum Teil aus erfahrenen Lehrkräften, zum Teil aus Lehrkräften im Vorbereitungsdienst. Die Arbeit in den CoPs erfolgt in Kooperation mit dem Landesinstitut in Schleswig-Holstein und wird durch Forschung begleitet. Dabei sollen unter anderem folgende Fragen adressiert werden: Wie nutzen Lehrkräfte OER und welche Anpassungen nehmen sie vor? Gibt es verschiedene Nutzertypen und was bedeutet das für die Aufbereitung und Darstellung der Materialien auf der Plattform? Wie müssen Materialien eingebettet sein, damit sie effektiv und bestimmungsgemäß eingesetzt und weiterentwickelt werden können? Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Rückschlüsse gezogen werden, wie es gelingen kann, eine (Online-)Kultur des Teilens und der aktiven Partizipation zu entwickeln.

OER@IPN wird von der Leibniz-Gemeinschaft im Rahmen des Leibniz-Wettbewerbs gefördert und in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen, dem Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) und dem Deutschen Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (DZLM) durchgeführt.

Literatur

Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe.* Berlin: Logos.

Arnold, J. & Kremer, K. (2012). Lipase in Milchprodukten – Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen. In W. Jungbauer (Hrsg.), Enzyme in Lebensmitteln. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 61*(7), 15-20.

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.

Deutsche Telekom Stiftung, & IfD Allensbach (Hrsg.). (2013*). Digitale Medien im Unterricht. Möglichkeiten und Grenzen: Die Sicht von Lehrkräften und Schülern*. Retrieved from http://www.ifd-allensbach.de/uploads/tx_studies/Digitale_Medien_2013.pdf

Fischer, C., & Rieck, K. (2014). Improving teaching in science and mathematics. In R. E. Slavin (Ed.), *Proven Programs in Education: Classroom Management and Assessment* (pp. 110–115). Corwin: Thousand Oaks, California.

forsa Politik- und Sozialforschung GmbH (Ed.). (2014). *IT an Schulen: Ergebnisse einer Repräsentativbefragung von Lehrern in Deutschland*. Berlin.

Gago, J. M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., Davies, G., & Parchmann, I. (2004). *Europe needs more scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Brussels.

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung oder der steinige Weg Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft, 32*(3), 196–214.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (pp. 51–70). Münster: Waxmann.

Ostermeier, C., Prenzel, M., & Duit, R. (2010). Improving science and mathematics instruction: The SINUS project as an example for reform as teacher professional development. *International Journal of Science Education, 32*(3), 303–327. DOI: doi.org/10.1080/09500690802535942

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education, 28*(9), 1041–1062. DOI: doi.org/10.1080/09500690600702512

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (Eds.). (2016). *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster, New York: Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K., & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (pp. 133–175). Münster, New York: Waxmann.

Zervas, P., Alifragkis, C., & Sampson, D. G. (2014). A quantitative analysis of learning object repositories as knowledge management systems. *Knowledge Management & E-Learning, 6*(2), 156–170. Retrieved from http://www.kmel-journal.org/ojs/index.php/online-publication/article/view/330/217

Alexander Engl
Marie Schehl
Marc Rieger
Britta Rudolf
Daniel Volz
Björn Risch

Universität Koblenz-Landau

Gemeinsam Entdecken und Forschen im Reallabor Queichland

Reallabore als Bildungsorte

Die Gestaltung einer Transformation der Gesellschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit erfordert in der Forschungslandschaft neue Ansätze und Formate (WBGU, 2011). Besonders der transdisziplinäre und transformative Forschungsansatz der Reallabore bietet einen experimentellen Freiraum für unkonventionelle kreative Interventionen, um damit zur Transformation beizutragen (Wagner, 2017). Die transdisziplinäre Kooperation (Ko-Design) stellt dabei den zentralen Forschungsmodus dar, die in den Vernetzungs- und Kooperationsstrukturen eines Reallabors sichtbar werden (Schäpke et al., 2017). Als charakteristische Intervention in Reallaboren wird hauptsächlich die Methode des Realexperiments angewendet (Eckart et al., 2018; Schneidewind, 2014; Parodi et al., 2016). Diese spezielle Form des Experiments ermöglicht das Erproben möglicher Lösungswege für gesellschaftliche Problemlagen (Arnold & Piontek, 2018). Im Gegensatz zum kontrollierten naturwissenschaftlichen Experiment findet das Realexperiment im öffentlichen Raum statt und bleibt dadurch offen für die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger (ebd.). Im Rahmen von partizipativen Formaten können zum einen die verschiedenen Wissensbestände aller Beteiligten erschlossen werden (Eckart et al., 2018) und zum anderen ermöglichen diese Formate ein Forschen und Lernen auf Augenhöhe (Albiez et al., 2016). Die Arbeit im Reallabor umfasst sowohl die Produktion von Erkenntnissen und neuem Wissen (Forschungsziele), das Anstoßen von realen Transformationsprozessen (Praxisziele) als auch die Vermittlung von vorab definierten Inhalten (Bildungsziele) (Defila & Di Giulio, 2018; Beecroft et al., 2018; Arnold & Piontek, 2018). Bildungsziele gelten jedoch bisher eher als ein randständiger Aspekt von Reallaboren, dem in der bisherigen Forschung wenig Aufmerksamkeit zukam (Beecroft & Parodi, 2016; Beecroft et al., 2018; Singer-Brodowski et al., 2018). Als Bildungsorte stellen sie jedoch eine ideale Basis für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in einer authentischen Lernumgebung dar (Risch et al., 2019a). So können Reallabore gleichzeitig der Ort für transdisziplinäre Forschung und forschendes Lernen im Sinne einer BNE sein (Schneidewind & Singer-Brodowski, 2015). Genau an dieser Stelle setzt das Reallabor Queichland an.

Das Reallabor Queichland

Im Stadtgebiet von Landau in der Pfalz wurde 2018 auf einer circa sechs Hektar großen Fläche das Reallabor Queichland (Abb. 1) eingerichtet. Zuvor wurde auf dieser Fläche durch die „Aktion Blau Plus“ des Landes Rheinland-Pfalz der begradigte Fluss Queich renaturiert, sowie ein Umweltparcours mit zehn Stationen zum Thema Wasser im Kontext Nachhaltigkeit entwickelt (Schehl & Risch, 2013). Der so entstandene Queichpark wird nun durch das Reallabor Queichland im Dialog zwischen Wissenschaft, Schule und Zivilgesellschaft mit MINT-spezifischen Angeboten erweitert (Risch et al., 2019a). Diese authentischen Lernangebote ermöglichen ein problemorientiertes und aktives Erschließen von forschungsbasiertem Wissen über die Vorgänge in der Natur und Umwelt. Die Inhalte beziehen sich auf die ausgewählten Sustainable Developement Goals 6 („Sauberes Wasser“), 13 („Klimaschutz“) und 15 („Landökosysteme“). Die bewusste Stärkung der Kooperation zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft trägt aktiv zur Stadtentwicklung bei und ermöglicht so gemein-

same Fragestellungen und Inhalte der Akteur*innen vor Ort zu transportieren. Ziel des Projektvorhabens Reallabor Queichland ist es aufzuzeigen, wie im Bildungsbereich transformative Methoden zur Stärkung von Nachhaltigkeitsbewusstsein, Handlungs- und Partizipationskompetenz beitragen können und in welcher Beziehung Reallabore mit schulischen und außerschulischen Lernorten zukünftig stehen können. Darüber hinaus wird das Zusammenspiel von fachdidaktischen empirischen Ergebnissen aus dem Bereich der BNE mit den Erfahrungen aus der Forschungspraxis in Reallaboren verknüpft. Zur Umsetzung des Ziels wird im Rahmen des Realexperiments versucht eine non-formale Bildungslandschaft ohne institutionellen Träger zu etablieren. Das Reallabor Queichland setzt sich mit der Fragestellung auseinander, ob es durch die auf der Fläche initiierten Maßnahmen gelingt, mittelfristig ein Bildungsort im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung aufzubauen.

Gestaltungsmöglichkeiten im Reallabor Queichland

Das Reallabor Queichland ermöglicht den Bürger*innen die Beteiligung bei der Ausgestaltung der Angebote und Maßnahmen auf der Fläche. Verschiedene Partizipationsstufen von „erfahren“, „entdecken“ über „erforschen“, „entwickeln“ bis hin zu „engagieren“ (Risch et al., 2019b) beziehen sich sowohl auf die Generierung der Angebote als auch auf die Angebotsformen wie beispielsweise Mitmachangebote oder Kooperationsangebote. In der bisherigen Projektlaufzeit konnten bereits verschiedene Angebote entwickelt werden. Dazu gehören beispielsweise Kollaborationsangebote zu den Themen „natürliche Stechmückenbekämpfung“ oder „Urbanes Gärtnern“. Ein regelmäßiges Mitmachangebot stellt das Experimentier-Café dar. Hier können alle Bürger*innen jeder Altersstufe selbstständig Experimente zu den Inhalten Gewässeranalytik und Wasseraufbereitung (SDG 6), CO_2-Ausgasung der Queich (SDG 13) und Folienmulching in der Landwirtschaft (SDG 15) durchführen. Die Projekte im Experimentier-Café befinden sich aktuell in der Phase der Konzeption, Evaluation und Überarbeitung und werden perspektivisch in Citizen Science Formate umgewandelt.

Weitere infrastrukturelle Maßnahmen und Angebote sind in Kooperation mit der Stadt Landau und unterschiedlichen Praxisakteuren geplant. Das Errichten eines Geoackers mit regionalen Gesteinen, eine Sukzessionsfläche, um die natürliche Artenvielfalt des Standortes zu präsentieren oder die Installation von Insektenhotels stellen Beispiele der geplanten Maßnahmen dar. Um die Bürger*innen zu motivieren selbstständig Ideen und Anregungen auf der Fläche umzusetzen, wird ein digital erweitertes Hörbuchsystem entwickelt. Grundlage des Hörbuches ist das Sammeln von Badges für die Teilnahme an den Angeboten des Reallabor Queichland als auch das Entwickeln oder Betreuen neuer Angebote. In diesem Zusammenhang wird es ebenfalls einen Kreativwettbewerb geben, bei dem sich die Gruppe der über 18-Jährigen mit einem eigenen Konzept für Angebote bewerben können.

Projektbegleitende Forschung

Um die dargelegten Ziele zu erreichen, gilt es zunächst geeignete Angebote und Methoden zu identifizieren, von denen eine transformative Wirkung ausgeht. Außerdem ist zu klären, mit welcher Motivation und mit welchen Persönlichkeitsmerkmalen Bürger*innen sich an den Formaten im Reallabor Queichland beteiligen.

(1) Bürger*innenbefragung: Als erster Schritt der Konsultation konnten Bürger*innen bei einer Online-Umfrage mitwirken. Ziel der Bürger*innenbefragung war die wissenschaftlich fundierte Dokumentation der Technikbereitschaft (Neyer, Felber & Gebhardt, 2012) und des Umweltbewusstseins mit einer Skala für Jugendliche (Bogner & Kaiser, 2012) oder für Erwachsene (Bogner & Wiseman, 2006) sowie der Evaluation des Status quo bezüglich spezifischer Fragen zum Reallabor Queichland. Beide Konstrukte stellen dabei relevante Persönlichkeitsmerkmale zur Partizipation im Reallabor Queichland dar. Nach einer dreijährigen Projektlaufzeit wird die Online-Umfrage erneut geöffnet, um beispielsweise Verände-

rungen des Umweltbewusstseins von Bürger*innen oder des Bekanntheitsgrads des Reallabors zu erfassen.
Die Meinungsumfrage wurde über Postkarten, Poster, E-Mail Verteiler, Presseartikel, einen Radiobeitrag und über die Soziale Medien verbreitet. Die Ergebnisse wurden teilweise in Risch et al. (2019b) veröffentlicht. Die Stichprobe setzt sich aus 192 Probanden mit einem medianen Alter von 27 Jahren (16-93 Jahre) und einer Geschlechterverteilung von 59 % weiblich, 39 % männlich und 2 % divers zusammen. 20 % der Befragten wohnen im benachbarten Stadtgebiet des Reallabors. 54 % der Probanden weisen als höchsten allgemeinbildenden Schulabschluss die allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife vor. Die Ergebnisse des Umweltbewusstseins und der Technikbereitschaft gliedern sich in jeweils zwei Subskalen codiert in die Stufen von eins bis fünf. Aus Gründen der Testökonomie wurde auf den Einsatz der dritten Subskala der Technikkontrollüberzeugung verzichtet (Neyer, Felber & Gebhardt, 2012). Die Beteiligten haben eine ausgeprägte Umweltschutzpräferenz (MW = 4.10, SD = 0.56) und eine geringe Umweltausnutzungspräferenz (MW = 1.95, SD = 0.63). Uns ist bewusst, dass die Stichprobe eine Positivauswahl darstellen kann, da Personen mit einer höheren Umweltschutzpräferenz eher bereit sind, sich freiwillig an einer Befragung im Kontext der Nachhaltigkeit zu beteiligten. Hinsichtlich der Technikbereitschaft weisen die Probanden eine neutrale Technikakzeptanz auf (MW = 3.11, SD = 0.89), sind jedoch von ihrer Technikkompetenz durchaus überzeugt (MW = 3.89, SD = 0.99). Dabei zeigt sich auch, dass je höher die Technikkompetenzüberzeugung der Probanden ist, desto niedriger ist die Tendenz zur Umweltausnutzung (r = -0.35, p < 0.001). Außerdem wurden altersabhängige Zusammenhänge identifiziert: Je älter die Probanden sind, desto niedriger ist ihre Technikkompetenzüberzeugung (r = -0.33, p < 0.001) aber auch desto höher ist ihre Umweltschutzpräferenz (r = 0.46, p < 0.001) oder ihre Umweltausnutzungspräferenz (r = 0.32, p < 0.001). Obwohl beide Ausprägungen gegenläufige Pole bilden (r = -0.28, p < 0.001), könnten diese Zusammenhänge so interpretiert werden, dass mit zunehmendem Alter sich das Umweltbewusstsein, egal in welcher Form, stärker gefestigt hat. Die Ausprägungen der beiden übergeordneten Konstrukte des Umweltbewusstseins und der Technikbereitschaft sowie die Antworten auf die Reallabor spezifischen Fragen stellen eine anknüpfungsfähige Datengrundlage für aufbauende Forschungsvorhaben dar.
(2) Angebotsbegleitende Evaluation: Weiterhin werden die Angebote im Reallabor Queichland begleitend evaluiert. Zum einen wird so die Häufigkeit der Teilnahme quantifiziert und zum anderen mit der Kurzskala von Bogner (2018) das Umweltbewusstsein sowie die Naturverbundenheit der Probanden erhoben. Besuchen Teilnehmer*innen mehrfach Angebote des Reallabors, kann so eine mögliche Entwicklung in Bezug auf die Variablen nachvollzogen werden. Die fünfstufigen Items der Konstrukte liefern akzeptable Kennwerte (Trennschärfe r_{it} = 0.38-0.73; Reliabilität α = 0.58-0.73; Schwierigkeit d = 42.94-77.48). Die Stichprobe setzt sich aus 117 Probanden mit einem medianen Alter von 13 Jahren (5-90 Jahre) und einer Geschlechterverteilung von 49 % weiblich, 62 % männlich und 1 % divers zusammen. Die Beteiligten fühlen sich tendenziell mit der Natur verbunden (MW = 3.20, SD = 0.95), haben eine eher neutrale Umweltschutzpräferenz (MW = 2.79, SD = 1.06) und eine geringe Umweltausnutzungspräferenz (MW = 2.37, SD = 0.98). Außerdem wurde ein altersabhängiger Zusammenhang identifiziert: Je älter die Probanden sind, desto höher ist ihre Naturverbundenheit (r = 0.34, p < 0.001). Während eine hohe Naturverbundenheit auch mit einer hohen Naturschutzpräferenz zusammenhängt (r = 0.52, p < 0.001), bildet die Naturausnutzungspräferenz dazu einen Gegenpol (r = -0.24, p = 0.01). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist allerdings zu beachten, dass die soziale Erwünschtheit zu einem gewissen Maß zum Antwortverhalten des Umweltbewusstseins beitragen kann (Oerke & Bogner, 2013).

Literatur

Albiez, M., König, A. & Potthast, T. (2016). Bildung für Nachhaltige Entwicklung in Reallaboren - Die bildungsbezogenen Angebote des „Energielabors Tübingen“ in der Kinder-Uni Tübingen. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 25* (3), 41-45.

Arnold, A. & Piontek, F. M. (2018). Zentrale Begriffe im Kontext der Reallaborforschung. In R. Defila & A. Di Giulio (Hrsg.), *Transdisziplinär und transformativ forschen – Eine Methodensammlung.* Wiesbaden: Springer VS.

Beecroft, R. & Parodi, O. (2016): Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation - Einführung in den Schwerpunkt. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 25 (3),* 4-8

Beecroft, R., Trenks, H., Rhodius, R., Benighaus, C. & Parodi, O. (2018). Reallabore als Rahmen transformativer und transdisziplinärer Forschung: Ziele und Designprinzipien. In R. Defila, & A. Di Giulio (Hrsg.), *Transdisziplinär und transformativ forschen – Eine Methodensammlung.* Wiesbaden: Springer VS.

Bogner, F. X. (2018). Environmental Values (2-MEV) and Appreciation of Nature. *Sustainability, 10* (2), 1-10.

Bogner, F. X. & Kaiser, F. G. (2012). Umweltbewusstsein, ökologisches Verhalten und Umweltwissen: Modell einer Kompetenzstruktur für die Umweltbildung. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rotgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung: Empirische Projekte–historische Analysen–theoretische Grundlegungen.* Münster: Waxmann.

Bogner, F. X. & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist, 26* (4), 247-254.

Defila, R. & Di Giulio, A. (2018). Reallabore als Quelle für die Methodik transdisziplinären und transformativen Forschens – eine Einführung. In R. Defila & A. Di Giulio (Hrsg.), *Transdisziplinär und transformativ forschen – Eine Methodensammlung.* Wiesbaden: Springer VS.

Eckart, J., Ley, A., Häußler, E. & Erl, T. (2018). Leitfragen für die Gestaltung von Partizipationsprozessen in Reallaboren In R. Defila & A. Di Giulio (Hrsg.), *Transdisziplinär und transformativ forschen – Eine Methodensammlung.* Wiesbaden: Springer VS.

Neyer, F. J., Felber, J. & Gebhardt, C. (2012). Entwicklung und Validierung einer Kurzskala zur Erfassung von Technikbereitschaft. *Diagnostica, 58* (2), 87-99.

Oerke, B. & Bogner, F. X. (2013). Social desirability, environmental attitudes, and general ecological behaviour in children. *International Journal of Science Education, 35* (5), 713-730.

Parodi, O., Albiez, M., Beecroft, R., Meyer-Soylu, S., Quint, A., Seebacher, A., Trenks, H. & Waitz, C. (2016) Das Konzept „Reallabor“ schärfen: Ein Zwischenruf des Reallabor 131: KIT findet Stadt. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 25 (4), 284-285.

Risch, B., Engl, A., Rieger, M., Rudolf, B. & Schehl, M. (2019a). Reallabor Queichland – Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer authentischen Lernumgebung*. Transfer Forschung ↔ Schule, 5* (1), im Druck*.*

Risch, B., Engl, A., Rieger, M., Rudolf, B. & Schehl, M. (2019b). Reallabor Queichland – gemeinsames Gestalten einer Lernumgebung im Kontext Nachhaltigkeit*. Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 42 (3), im Druck*.*

Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M., Singer-Brodowski, M., Wanner, M., Caniglia, G. & Lang, D. J. (2017). *Reallabore im Kontext transformativer Forschung. Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand.* Lüneburg: Leuphna Universität

Schehl, M. & Risch, B. (2013): Konzeption eines „Wasserparcours“ am Fluss Queich – Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer authentischen Lernumgebung. In Deutsche Gesellschaft für Limnologie e.V. (Hrsg.), *Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 2012*, Eigenverlag der DGL, Hardegsen

Schneidewind, U. (2014). Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschung. *Planung neu denken, 27 (3),* 1-7

Schneidewind, U. & Singer-Brodowski, M. (2015). Vom experimentellen Lernen zum transformativen Experimentieren - Reallabore als Katalysator für eine lernende Gesellschaft auf dem Weg zu einer Nachhaltigen Entwicklung. *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik 16 (1),* 10-23

Singer-Brodowski, M., Beecroft, R. & Parodi, O. (2018). Learning in real-world laboratories: A systematic impulse for discussion. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society, 27* (1), 23-27.

Wagner, F. (2017). Reallabore als kreative Arenen der Transformation zu einer Kultur der Nachhaltigkeit. In J.-L. Reinermann & F. Behr (Hrsg.), *Die Experimentalstadt – Kreativität und die kulturelle Dimension der Nachhaltigen Entwicklung.* Wiesbaden: VS Verlag.

WBGU (2011). *Hauptgutachten Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation.* Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

Marc Bastian Rieger
Alexander Engl
Björn Risch

Universität Koblenz-Landau

Virtuelle Exkursionen 2.0
Neue Technologien für zukünftiges Lernen

Ausgangslage

Für Schulklassen ist es ein sehr schwieriges, bisweilen teilweise unmögliches Unterfangen sich eine Vielzahl an komplexen, lokalen Phänomenen im schulischen Alltag live vor Ort anzusehen (Messmer, von Niederhäusern, Rempfler & Wilhelm, 2011). Im schulischen Kontext wird, unter anderem auch in der PISA Studie, allerdings gefordert, eben diese Kontexte bzw. Alltagssituationen der Phänomene zu kennen (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska & Köller, 2016). In den vergangenen Jahrzenten beschränkten sich virtuelle Exkursionen mangels fehlender Technik zumeist auf einfache Umgebungen mit Darstellungen in PowerPoint, Videos, Bildern oder Homepages mit interaktiven Elementen. Dank der Immersionstechnologie sind nun mittlerweile auch realitätsnahe Erfahrungen möglich. Immersion bezeichnet das vollständige Eintauchen in eine virtuelle Umgebung, sodass die Vorstellung erzeugt wird, sich darin zu befinden (Cheng, She, Leonard, 2014). Immersive Lernumgebungen sprechen mehrere kognitive Kanäle an, wodurch die Aufmerksamkeit und das Interesse erhöht sowie eine positive Einstellung gegenüber dem Lernstoff gestärkt werden kann (O'Brien & Toms, 2008). Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden immersive virtuelle Exkursionen konzipiert und auf deren Praxistauglichkeit empirisch geprüft. Das Promotionsvorhaben stützt sich auf die theoretische Rahmung durch den Design-Based Research (DBR) Ansatz nach Euler (2014). Dieser wird um technische sowie didaktische Überlegungen zum Einsatz und zur Gestaltung von immersiven virtuellen Umgebungen ergänzt. Unser Prototyp für eine Exkursionsumgebung stellt die Trinkwasseraufbereitung durch den Einsatz von Samen des *Moringa Oleifera* (Meerettichbaums) dar (vgl. Abb. 1 & Abb. 2). Die Inhalte basieren auf der Umsetzung des Sustainable Developement Goals (SDG) 6 („Sauberes Wasser"). Im Folgenden werden die grundlegenden technischen Hürden im Designprozess herausgestellt und mögliche Lösungen diskutiert.

Abb. 1: Prototyp der VR-Umgebung mit 3D-Model des Moringa Oleifera Baums.

Abb. 2: Labormaterialien & Modelle in der Exkursionsumgebung.

Wahl des Kontextes

Eine große Herausforderung von DBR stellt „der Generalisierungsanspruch praktischer Problemlösungen und theoretischer Erkenntnisse“ (Reinemann, 2018, S.107) dar. Im Hinblick auf die Analyse und die Evaluationen werden Situierungen und Kontextualisierungen der Interventionsentwicklungen benötigt. Allerdings sollte die Nutzung der Intervention über spezifische Situationen hinausgehen. Es werden dekontextualisierte Gesetzmäßigkeiten erforderlich. „Der Generalisierungsanspruch kann also nicht derart sein, dass man vorgibt, von einer Stichprobe auf eine Grundgesamtheit zu schließen […]. Vielmehr muss die Generalisierung […] empirisch über die sukzessive Ausweitung von Kontexten in der Implementierungsphase“ (Reinemann, 2018) hinausgehen. Dies gelingt im Rahmen des Promotionsvorhabens durch die Einbindung des Reallabor Queichland. Im Reallabor Queichland werden im Dialog zwischen Wissenschaft, Schule und Zivilgesellschaft, MINT-spezifische Angebote im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung zu den Sustainable Developement Goals 6 („Sauberes Wasser“), 13 („Klimawandel“) und 15 („Landökosysteme“) erarbeitet sowie der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die geplanten immersiven virtuellen Exkursionen erweitern die Angebote des Reallabor Queichland zu den oben genannten Themenschwerpunkten. Die erstellte Intervention wird zunächst im schulischen Kontext erprobt und evaluiert. Im Anschluss wird sie unter Einbezug der Zivilbevölkerung erweitert.

Abb. 3: Logo Reallabor Queichland

Wahl des Mediums

Zunächst werden neue Technologien und deren Einsatzmöglichkeiten auf Umsetzung und Nutzen geprüft. Trotz der fortschreitenden technischen Entwicklungen muss eine gewisse Nachhaltigkeit garantiert werden, sodass die geplante Intervention geräte- und betriebssystemübergreifend nutzbar ist. In diesem Vorhaben wird die Nutzung mindestens für ein Smartphone, eine VR-Brille und einen Desktop-PC gewährleistet. Hierbei gilt es, die große Diversität der Hersteller und der Betriebssysteme zu bedenken. Aufgrund der Breite des Angebots verschiedener Endgeräte muss darauf geachtet werden, dass nicht ein zu spezifisches Endgerät ausgewählt wird. Dies lässt sich am einfachsten durch das Medium erreichen, dass mittlerweile alle verbindet: das Internet. Mit Hilfe des Open-Source Frameworks A-Frame und den Internetbrowsern lassen sich browserübergreifende VR (Virtuelle Realität) Welten designen. Google Chrome und der Open Source Browser Firefox gelten hierbei als federführend. Allerdings implementieren auch weitere Konzerne, wie Apple im betriebseigenen Browser Safari, die sogenannte WebXR API. Die Intervention kann durch die medienübergreifende Nutzungsmöglichkeit und das Internet für jeden verfügbar gemacht werden. Durch die Einbindung von Open Educational Resources (z. B. Wikiversity) wird so auch eine weltgesellschaftliche Partizipation ermöglicht (Risch, Engl, Rieger, Rudolf & Schehl 2019).

Abb. 4: VE optimiert für das Smartphone

Wahl des virtuellen Formats

Eine VLE (Virtual Learning Environment) ist eine virtuelle Umgebung, welche einem pädagogischen Modell folgt, sowie ein oder mehrere didaktische Ziele in sich birgt. Nutzer*innen können durch VLE bislang nicht realisierbare Erfahrungen (virtuell) erleben und spezifisches Wissen darüber sammeln (Mikropoulos & Natsis, 2011). Im Rahmen des Projekts wird virtuelle Realität als neues, innovatives Werkzeug für Bildungszwecke genutzt und empirisch geprüft. Sie ermöglicht die Kreation von interaktiven immersiven Umgebungen, welche reale als auch nicht-reale Begebenheiten darstellen können. Doch nicht jede virtuelle Umgebung ist gleichzusetzen mit virtueller Realität. Der Begriff VR wird generell sehr inkonsequent genutzt. Es bedarf einer klaren Unterscheidung zwischen VE (Virtual Environment) und VR. Um eine VE als VR bezeichnen zu können, müssen bestimmte Kriterien eingehalten werden, wie etwa, dass es ein Medium der Kommunikation ist, die Sinne durch synthetische Reize stimuliert werden, es interaktiv ist und mentale als auch physische Immersion erzeugt (Sherman & Craig, 2019). Ausschlaggebend hierbei ist vor allem die physische Immersion. Eine 360° Umgebung, in der man sich im projizierten Raum nicht bewegen, sondern nur umschauen kann, ist dieser Definition nach eine VE und keine VR. Diese Unterschiede sind beim Planen und Erstellen einer immersiven virtuellen Exkursion entscheidende Faktoren. Denn sowohl eine VE als auch eine VR können Immersion erzeugen, allerdings mit unterschiedlichen Interaktionsmöglichkeiten und Tiefen der Immersion. Hierbei ist zu erwarten, dass sich dies sehr stark auf die Gestaltung des Lernprozesses auswirken wird. Das immersive Lernen (Wirth & Hofer, 2008) sowie das Verinnerlichen von Gelerntem (Moreno & Mayer, 2002) steht hierbei im Mittelpunkt. Für unser Projekt haben wir VR als geeignetes Format gewählt. Dies ermöglicht die Durchführung einer neuen Form von virtueller Arbeitsexkursion, da interaktiv mit realitätsnahen 3D Modellen in einer mit physikalischen Gesetzen ausgestatteten Simulation gearbeitet werden kann (vgl. Abb. 5).

Abb. 5: Inspizieren von Labormaterial in der VR-Umgebung.

Wahl der Interaktionsmöglichkeiten

Sobald die Wahl des Mediums und des Formats erfolgt ist, rücken die Interaktionsmöglichkeiten der Intervention in den Fokus. Hier erfährt erneut die Unterscheidung von VE und VR eine große Bedeutung. Reine VR Umgebungen sind aufgrund der physischen Immersion auf Smartphones gar nicht bzw. nur eingeschränkt nutzbar. Es würde einen zusätzlichen Controller benötigen, ebenso wie ein Head-Mount. Es bedarf zur universellen Nutzung also entweder deckungsgleiche Versionen der Intervention in VR und VE oder einer Kombination. Um heterogene Lerngruppen und unterschiedliche Lerntypen den Lernprozess zu garantieren, hat jedoch die Abdeckung aller möglichen Funktionen und Inhalte für den Schulunterricht absolute Priorität. Hierfür wird ein passendes Endgerät benötigt, welches die meisten der sogenannten „Degrees of Freedom“ (DoF) abdeckt: die VR-Brille. Ausgestattet mit zwei 6 DoF-Controllern ist für dieses Projekt die Oculus Quest ein geeignetes Medium. Als Stand-Alone Produkt ist sie unabhängig von Raum und anderen Endgeräten einsetzbar, was den Einsatz in Klassenzimmern um ein Vielfaches vereinfacht. Ihre (für VR-Brillen) geringen Kosten sind ein ebenso großes Plus im Hinblick auf den Einsatz im Unterricht. Lediglich ein WLAN-Internetzugang wird benötigt.

Literatur

Cheng, M.-T., She, H.-C. & Leonard, A. (2014). Game immersion experience: Its hierarchical structure and impact on game-based science learning. Journal of Computer Assisted Learning. 31. DOI: 10.1111/jcal.12066.

Euler, D. (2014). Design Principles als Kristallisationspunkt für Praxisgestaltung und wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. In D. Euler & P.F.E. Sloane (Hrsg.), Design-based Research (S.97-112). Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik/Beiheft. Stuttgart:Steiner.

Messmer K., von Niederhäusern R., Rempfler A. & Wilhelm M. (Hg.) (2011). Außerschulische Lernorte – Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften. In: Ausserschulische Lernorte – Beiträge zur Didaktik 1. Berlin, 2011.

Mikropoulos, T.A. & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). Computers & Education, 56 (3): 769-780, 2011, DOI: 10.1016/j.compedu.2010.10.020

Moreno, R., & Mayer, R.E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments. Role of methods and media. Journal of Educational Psychology, 94(3), 598.610.

O'Brien, H.L. & Toms, E.G. (2008). What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 59 (6), 938-955. DOI: 10.1002/asi.20801.

Reinmann, G. (2018). Reader zu Design-Based Research. Hamburg. Online verfügbar unter http://gabi-reinmann.de/?page_id=4000

Reiss, K. Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A. Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.) (2016). PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster; New York: Waxmann 2016, 506 S. – URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-140202.

Risch, B., Engl, A., Rieger, M., Rudolf, B. & Schehl, M. (2019). Reallabor Queichland – gemeinsames Gestalten einer Lernumgebung im Kontext Nachhaltigkeit. Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik, 42 (3), xx-xxx. DOI: (angenommen).

Sherman, W.R. & Craig, A.B. (2019). Understanding virtual reality. Interface, application and design. Second edition. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann (The Morgan Kaufmann series in computer graphics).

Wirth, W. & Hofer, M. (2008). Präsenzerleben – Eine Einführung aus Medienpsychologischer Perspektive. Montage AV, 17, 159-175.

Moritz Waitzmann[1]
Rüdiger Scholz[2]
Susanne Weßnigk[1]

[1]Leibniz Universität Hannover- Inst. f. Didaktik d. Mathematik u. Physik
[2]Leibniz Universität Hannover - Inst. f. Quantenoptik

Schlüsselexperiment und Forschendes Lernen– Ein Zugang zur Quantenphysik?

Theoretischer Hintergrund

„Quantenphysik ist keine klassische Physik“ (Franz & Müller, 2016). Mit dieser plakativen Aussage beschreiben Müller und Franz (2016) eine der wesentlichen Herausforderungen beim Lernen von Quantenphysik. So besitzen bspw. die klassisch geprägten Begriffe wie *Eigenschaft* oder auch das *Messen* in der Quantenphysik eine gänzlich andere Bedeutung. Bezeichnend ist das Missverhältnis zwischen der Klarheit der mathematischen Theorie und der enormen Breite des Spektrums unterschiedlicher Interpretationen (Friebe, 2018). Kurz gesagt: Quantenphysik ist keine klassische Physik!

Für das Lernen und Verstehen von Quantenphysik legt dies nahe, dass ein vergleichbar radikaler Konzeptwechsel folgen muss (Kalkanis, Hadzidaki & Stavrou, 2003). Ausgangspunkt dafür ist die Unzufriedenheit mit dem bisherigen Konzept. Gelingen kann der Wechsel, wenn das neue Konzept geeigneter und unmittelbar einleuchtend erscheint (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). Prinzipiell wird ein Konzeptwechsel durch eine Verschiebung im Grundverständnis sowie durch neue Erklärungsmuster beobachtbar (diSessa, 2017).

Der Herausforderung, das Scheitern klassisch-physikalischer Erklärungen von quantenphysikalischen Phänomenen sowie die Fruchtbarkeit quantenphysikalischer Konzepte im Unterricht zu demonstrieren, haben sich bereits mehrere Unterrichtskonzepte angenommen. Eine Besonderheit des Münchener Unterrichtskonzeptes besteht dabei in der Auszeichnung von weitgehend konsensualen zentralen Begriffen (Müller, 2003). Die Bereitstellung dieser sogenannten Wesenszüge gelingt durch eine Reduktion der interpretatorischen Breite auf: *Stochastische Vorhersagbarkeit, Fähigkeit zur Interferenz, mögliche Messergebnisse, Komplementarität* und *Verschränkung* (Küblbeck & Müller, 2002; Müller, 2003). Diese Konzentration wird begleitet durch eine stark mathematikreduzierte Beschreibung von Quantenphänomenen. Die Evaluation zur Lernwirksamkeit des Unterrichtskonzeptes zeigt, dass eine solche Stärkung der Stringenz bei den Interpretationen der Theorie dazu führt, dass Lernende ein angemessenes quantenphysikalisches Grundverständnis entwickeln (Müller, 2003). Ein Konzeptwechsel wurde in diesem Zusammenhang jedoch nicht explizit untersucht.

Damit der Nachteil des hohen technischen Aufwandes umgangen und eine unproblematische Verfügbarkeit im Unterricht erreicht wird, stellen im Münchener Unterrichtskonzept Simulationen von Quantenphänomenen den Bezug zur Realität her. Allerdings hat das Realexperiment in der empirischen Wissenschaft Physik einen besonderen Stellenwert und ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (Tesch & Duit, 2004). Dies gilt wohl auch für den Unterricht über Quantenphysik und deckt sich mit dem Wunsch der Lehrkräfte nach mehr und neuen Realexperimenten in der Schulquantenphysik (Weber, 2018). Aktuelle Vorschläge potenziell geeigneter quantenoptischer Experimente (Scholz, Friege & Weber, 2018) werden vor allem wegen eines hohen experimentellen Aufwands sowie hoher Anschaffungskosten an Schulen wenig Verbreitung finden.

Im Gegensatz zur Schule haben außerschulische Lernorte hier einen größeren Bewegungsspielraum und können komplexere Experimente anbieten, da sie auf Grund ihrer

Anbindung an Forschungseinrichtungen oder die Industrie über die notwendigen finanziellen Mittel und speziell geschultes Personal verfügen (Haupt et al., 2013).
Im Schülerlabor foeXlab des SFB 1227 DQ-*mat* wird ein Zugang zur Quantenphysik entwickelt, in dessen Zentrum ein quantenoptisches Realexperiment steht: Die Kombination eines optischen Strahlteiler-Experiments und einem Michelson-Interferometer (Abb.1).

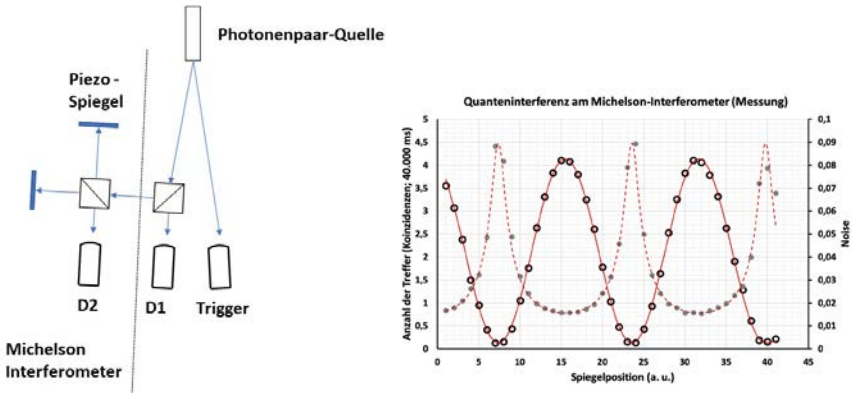


Abb.1: Links: Schematischer Aufbau des Schlüsselexperiments. Rechts: Reale Messwette am Ausgang D2 des Interferometers (Koinzidenzen Trigger & D2; rot) und die gemessene Messunsicherheit (gestrichelt theoretisch erwartbare Werte aus der Poissonstatistik) gegen die Position des Piezo-Spiegels.

Das Ausbleiben von Photon-Koinzidenzen am Strahlteiler (Unteilbarkeit des Photons) verbunden mit der Quanteninterferenz im Michelson-Interferometer wurde bereits von Müller (2003) als geeignet angesehen, um semiklassische Sichtweisen, in Form eines naiven Welle-Teilchen-Dualismus zu vermeiden. Die in Abb.1 (rechts) dargestellten Messwerte zeigen, wie perfekt die Zählereignisse am Interferometer einer Cos^2-Funktion folgen und somit die Quanteninterferenz **einzelner** Photonen demonstriert werden kann. Es lassen sich somit auch die Wesenszüge *Nichtlokalität* und *Superposition* demonstrieren. Das Experiment bietet aus unserer Sicht das Potenzial die „Tür zur Quantenwelt“ zu öffnen und als Schlüsselexperiment zu wirken.
Das Aufzeigen des Widerspruchs von experimentellen Daten und klassischer Erwartung sowie die Fruchtbarkeit des neuen Konzeptes Quantenphysik reicht allerdings nicht aus (Widodo & Duit, 2005). Vielmehr bedarf es einer aktiven Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Lerngegenstand (ebd.), vor allem auch im Sinne einer als erfolgreich erlebten Anwendung des neuen Konzepts.
Eine aktive und eigenständige Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wird in Schülerlaboren stärker unterstützt, da sie Lernenden mehr Raum und Zeit dafür geben (Euler & Weßnigk, 2011). Das Forschende Lernen weist dafür methodische Möglichkeiten auf, da die Lernenden zu aktiven Gestaltern des eigenen Lernens werden (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012).
Aus theoretischer Sicht lässt die Verbindung von Forschendem Lernen als Methode und dem Schlüsselexperiment als Lerngegenstand auf einen gelingenden Konzeptwechsel hoffen. Inwieweit ein solcher Einfluss auf den Konzeptwechsel tatsächlich besteht ist unbekannt.

Forschungsdesiderata und Forschungsfragen
Quantenoptische Realexperimente werden als geeignet eingestuft, um einen Weg in die Quantenphysik zu ebnen (Scholz et al., 2018). Inwieweit es tatsächlich gelingt, einen Konzeptwechsel zu motivieren, ist bisher nicht bekannt. Ob sich und inwieweit sich die

Methode des Forschenden Lernens positiv auf den Konzeptwechsel im Umgang mit dem Schlüsselexperiment auswirkt, ist ebenfalls unbekannt. Daher sollen die folgenden Forschungsfragen untersucht werden:

FF1: In welchem Umfang führt die Beschäftigung mit dem Schlüsselexperiment zu einem Konzeptwechsel von klassischer Physik zu Quantenphysik?
FF1.1: Inwieweit motiviert die Beschäftigung mit dem Schlüsselexperiment zu einer Unzufriedenheit mit dem Konzept Wellenoptik?
FF1.2: Inwieweit gelingt Lernenden die Anwendungen der Erkenntnisse aus dem Schlüsselexperiment zur Erklärung von Experimenten mit dem Mach-Zehnder Interferometer?
FF2: Welche spezifischen Aspekte Forschenden Lernens können bei der Beschäftigung mit dem Schlüsselexperiment realisiert werden?
FF3: Inwieweit beeinflusst der Grad der Offenheit Forschenden Lernens den Konzeptwechsel der Lernenden bei der Beschäftigung mit dem Schlüsselexperiment?

Untersuchungsdesign

Um den Konzeptwechsel zu untersuchen, werden qualitative und quantitative Daten erhoben:
Mit einem schriftlichen Pre-Post-Test sollen das Konzeptverständnis und die Erklärung der Quantenphänomene untersucht werden. Für diesen Test wird auf bisher publizierte Multiple-Choice Items zu den Themengebieten Superposition und Wahrscheinlichkeitsamplituden, Quantenverhalten von Photonen, Messprozess und Vorwissen zur Wellenoptik zurückgegriffen. Die Items sollen nach qualitativen Studien zur Validierung (Abb.3) in einer Pilotstudie Rasch-skaliert werden, um den Wechsel des Konzeptverständnisses, als einen Wechsel der Personenfähigkeit abzubilden (Planinic, Boone, Susac, & Ivanjek, 2019).

Abb.2: Untersuchungsdesign. Aufnahme qualitativer Daten wurde dick gedruckt

Auch während der Arbeit am Schlüsselexperiment sollen qualitative Daten, in Form von Audioprahien gesammelt werden, um den Wechsel von Erklärungsmustern zu identifizieren, und um zu sehen, wie weit eine Unzufriedenheit mit Konzepten der klassischen Physik vorliegt.
Zur Beobachtung der Aktivitäten Forschenden Lernens wurde bereits ein Beobachtunginstrument entwickelt, mit dessen Hilfe die Schüleraktivitäten gegen die Zeit abgebildet werden können. Ausgangspunkt ist das 5E-Modell (Bybee et al., 2006), welches mit Hilfe des Aktivitätenmodells von Bell (2007) operationalisiert und anschließend validiert wurde (Waitzmann, 2018; Waitzmann, Scholz, & Weßnigk, im Druck).

Abb.3: Vorgehen zur Validierung

We acknowledge financial support from DFG through CRC 1227 (DQ-*mat*), project Ö

Literatur

Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II.* Berlin: Cornelsen Verlag.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Bradley Stoke. Abgerufen von: http://www.fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bscs5efullreport2006.pdf (09.10.19)

DiSessa, A. A. (2017). Conceptual Change in a Microcosm: Comparative Learning Analysis of a Learning Event. *Human Development*, *60*(1), 1–37. DOI: 10.1159/000469693

Euler, M., & Weßnigk, S. (2011). Lernen durch Forschen und Entwickeln: Schülerlabore und die Förderung kreativer Potenziale. *Plus Lucis*. (1-2), 32–38.

Franz, T., & Müller, R. (2016). Quantenphysik: Trends und Herausforderung. *Plus Lucis*. (02), 19–22.

Friebe, C. (2018). Messproblem, Minimal- und Kollapsinterpretation. In C. Friebe, M. Kuhlmann, H. Lyre, P. M. Näger, O. Passon, & M. Stöckler (Hrsg.), *Lehrbuch. Philosophie der Quantenphysik: Zentrale Begriffe, Probleme, Positionen* (2. Ausgabe, S. 41–74). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *82*(3), 300–329. DOI: 10.3102/0034654312457206

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin Ulrike, Siebke-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor: Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU-Journal*, *66*(6), 324–330.

Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education*, *87*(2), 257–280. DOI: 10.1002/sce.10033

Küblbeck, J., & Müller, R. (2002). *Die Wesenszüge der Quantenphysik: Modelle, Bilder und Experimente. Praxis-Schriftenreihe Abteilung Physik: Vol. 60*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Müller, R. (2003). *Quantenphysik in der Schule. Studien zum Physiklernen: Band. 26*. Berlin: Logos-Verl.

Planinic, M., Boone, W. J., Susac, A., & Ivanjek, L. (2019). Rasch analysis in physics education research: Why measurement matters. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(2), 23. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020111

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66*(2), 211–227. DOI: 10.1002/sce.3730660207

Scholz, R., Friege, G., & Weber, K.-A. (2018). Undergraduate quantum optics: experimental steps to quantum physics. *European Journal of Physics*, *39*(5), 55301.

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*.

Waitzmann, M. (2018). *Forschendes Lernen im Schülerlabor foeXlab* (Unveröffentlichte Masterarbeit). Leibniz Universität, Hannover.

Waitzmann, M., Scholz, R., & Weßnigk, S. (im Druck). Forschendes Lernen identifizieren und abbilden. *MNU-Journal*.

Weber, K.-A. (2018). *Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 269*. Berlin: Logos-Verl.

Widodo, A., & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lernsequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *11*, 131–146.

Sascha Neff
Alexander Engl
Alexander Kauertz
Björn Risch

Universität Koblenz-Landau

Virtuelle Labore zur Vor- und Nachbereitung von Freiland-Experimentiereinheiten

Ausgangslage

Unterrichtliche Vor- und Nachbereitung beeinflusst maßgeblich die Wirksamkeit außerschulischen Lernens (Glowinski, 2007; Klees & Tillmann, 2015). Eine mögliche Vor- und Nachbereitungsart ist die Bereitstellung modularer, plattformübergreifender virtueller Lernumgebungen (Streller, 2015). Ziel des Projekts ist die Erstellung und der Transfer virtueller Labore in die Schule. Das ursprünglich für die Hochschuldidaktik entwickelte Konzept des Verbundprojekts Open MINT Labs der Hochschulen Kaiserslautern, Koblenz und Trier wird hierzu durch die Arbeitsgruppen Physikdidaktik und Chemiedidaktik der Universität Koblenz-Landau für die schulische Nutzung angepasst und evaluiert.

Methodisches Vorgehen und Testinstrumente

Ziel ist die Untersuchung der Nutzung der virtuellen Labore auf zwei Ebenen: a) Ebene der Lehrpersonen und b) Ebene der Schüler*innen. Im Hinblick auf die Lehrpersonen wird der Forschungsfrage nachgegangen, welche Gelingensbedingungen den Einsatz der digitalen Lernumgebungen in der Schule beeinflussen. Zu diesem Zweck erfolgt eine Fragebogenerhebung, welche Persönlichkeitsmerkmale der Lehrenden, die Nutzung der Lernumgebung und die schulische Situation erfassen soll. Nach einer Pilotierung der Testinstrumente wurden die Skalen hinsichtlich der Itemkennwerte und der Inhaltsvalidität überarbeitet (Neff, Engl, Kauertz & Risch, 2018). Auf dieser Grundlage wurde die Testbelastung durch Kürzung der Skalen bei gleichzeitiger Erhöhung der Reliabilität reduziert. In der Folge wird die Haupterhebung mit Items basierend auf Skalen zur Einstellung gegenüber digitalen Medien (Tigges, 2008), Selbstkonzept im Umgang mit digitalen Medien und Endgeräten (Dickhäuser, 2001 & Tigges, 2008), dem beigemessenen Wert digitaler Systeme (Tigges, 2008) sowie soziodemografischen Daten fortgeführt. Diese Instrumente dienen der Erfassung der Persönlichkeitsmerkmale. Der ebenfalls eingesetzte Fragebogen zum Grad der Betroffenheit (Sachse et al., 2012; engl. Original der Stages of Concern nach George, Hall & Stiegelbauer, 2013) erfasst die Vorbehalte von Lehrpersonen gegenüber einer zu implementierenden Innovation und lässt in Kombination mit einer Abfrage der schulischen Infrastruktur Rückschlüsse auf innovationsförderliche oder -hinderliche Rahmenbedingungen der Schule zu.

Ergebnisse und Itemkennwerte der ersten Kohorte der Lehrpersonen

Die Fortführung der Erhebung konnte unter Berücksichtigung der Pilotierung ausgewertet werden, da in der Überarbeitung der Skalen zu Einstellung, Computerwert und Selbstkonzept lediglich Items eliminiert wurden. Der Fragebogen zum Grad der Betroffenheit wurde um insgesamt drei in der Pilotierung nicht eingesetzte Items zum Original vervollständigt, dennoch konnten auch hier die Daten der Pilotierung weitergenutzt werden, da eine Auswertung mittels Summenscores der sieben Subskalen erfolgt. Fehlende Werte werden dabei durch den jeweiligen Mittelwert je Fall und Subskala ersetzt (George, Hall & Stiegelbauer, 2013).
Die Stichprobe umfasste 52 Probanden ($n_{weibl.}$ = 65%), deren medianes Alter 40 Jahre (*MW* = 41.1, *SD* = 9.04) betrug. Die Befragten wiesen eine mediane Lehrerfahrung von zehn Jahren (*MW* = 11.94, *SD* = 8.57) auf. Der überwiegende Teil der Teilnehmenden unterrichtet an Gymnasien (63,5%), 33 Lehrpersonen unterrichten das Fach Biologie, 25 das Fach Chemie

und acht Teilnehmende lehren die Fächer Physik/Technik. Die Probanden sichteten vor der Teilnahme an der Umfrage jeweils mindestens einen OML-Kurs. Dabei wurden insgesamt neun verschiedene virtuelle Labore über alle Teilnehmende hinweg genutzt, vorrangig die Kurse zu den Inhalten der Gewässeranalytik (n = 17) und der Titration (n = 15).

Der wahrgenommene Wert digitaler Endgeräte zeigt mit einem Mittelwert von 2.76 (*SD* = 0.70) auf der vierstufigen Skala eine mittlere Ausprägung. Die aus lediglich drei Items bestehende Skala zeigt dabei zufriedenstellende Trennschärfen ($0.43 < r_{it} > 0.62$) und eine ausreichende Reliabilität (*Cronbachs* $\alpha = 0.61$). Die Itemschwierigkeit liegt im Bereich von $58.33 < p_{Dahl} > 91.15$. Ein Item weist dabei mit $p_{Dahl} = 91.15$ einen Deckeneffekt auf. Nach inhaltlicher Klärung wurde dieses Item ungeachtet des aufgetretenen Effekts weiterhin berücksichtigt, da die Formulierung einen hohen Grad an Zustimmung im Kontext moderner höherer Bildung erwarten lässt. Hinsichtlich des Selbstkonzepts im Umgang mit digitalen Endgeräten und Medien zeigten die Befragten eine mittlere Ausprägung auf der vierstufigen Skala (*MW* = 2.55, *SD* = 0.57). Nach Ausschluss zweier Items der insgesamt zwölf Items umfassenden Skala lagen die korrigierten Trennschärfen im annehmbaren Bereich ($0.32 < r_{it} > 0.77$). Die Reliabilität dieser Skala wies mit *Cronbachs* $\alpha = 0.74$ einen akzeptablen Wert auf, ebenso waren die Itemschwierigkeiten im guten Bereich verortet ($51.56 < p_{Dahl} > 73.00$). Eine weitere statistische und inhaltliche Klärung der ausgeschlossenen Items soll im Fortgang der Erhebung erfolgen.

Die Einstellung gegenüber digitalen Medien lag über alle Befragten hinweg im mittleren bis hohen Bereich der fünfstufigen Likertskala (*MW* = 3.24, *SD* = 0.62). Die mit sechs Items vergleichsweise kurze Skala zeigte nach Ausschluss eines Items ausreichende korrigierte Trennschärfen von $0.34 < r_{it} > 0.75$, die Reliabilität lag im akzeptablen Bereich (*Cronbachs* $\alpha = 0.69$), die Itemschwierigkeit wies mit $53.33 < p_{Dahl} > 73.73$ gute Werte auf. Das am häufigsten genannte Argument für den Einsatz digitaler Medien stellt die Anschaulichkeit dieser Medien dar. Als Argumente für eine ablehnende Haltung gegenüber digitalen Medien wurden vorwiegend technische Ausstattung und Aufwand angegeben, wenigen der Befragten erschloss sich der Lernerfolg mit digitalen Medien nicht. Diese halboffenen Items nach Eder (2008) liefern somit wichtige Anhaltspunkte für den weiteren Implementationsprozess. So erscheint etwa nicht nur die Fortsetzung der bereits stattfindenden Fortbildungen für Lehrpersonen als Mittel zum Abbau technischer Hürden zielführend, vielmehr kann vor diesem Hintergrund auch der Stand der empirischen Forschung zum Mehrwert digitaler Medien für Lernende dargestellt werden.

Die Auswertung des Grades der Betroffenheit zeigt im Mittel über alle Lehrpersonen hinweg eine starke Ähnlichkeit mit dem von George, Hall & Stiegelbauer (2013) beschriebenen „*Nonuser*"-Profil (vgl. Abb. 1). Dieses Ergebnis erscheint angesichts der begonnenen Implementation nicht überraschend, bestätigt jedoch die Augenscheinvalidität des Instruments.

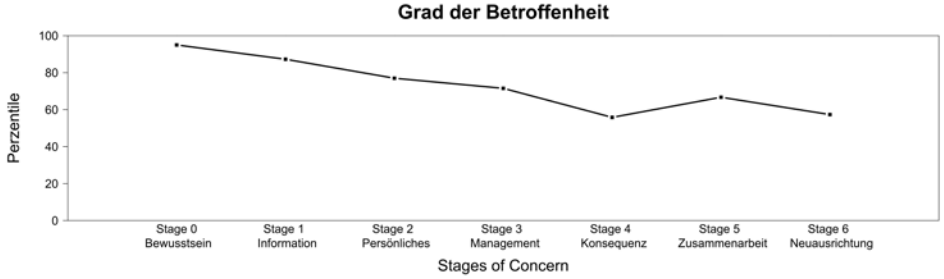


Abb. 1: Erhobenes Profil des Grades der Betroffenheit nach George et al. (2013).

Eine weitere Analyse der Kennwerte zeigt ausreichende korrigierte Trennschärfen ($0.27 < r_{it} > 0.93$) des aus sieben Subskalen mit je fünf Items bestehenden Instruments, zwei Items wurden dabei nicht berücksichtigt. Die Reliabilitäten der einzelnen Subskalen liegen mit *Cronbachs* $\alpha = 0.69 - 0.90$ im akzeptablen bis exzellenten Bereich, ebenso zeigt sich eine gute Verteilung der Itemschwierigkeiten ($38.22 < p_{Dahl} > 81.68$).

Validierung der Fragebogenerhebung der Lehrpersonen

Die Validierung der quantitativen Daten erfolgt durch Interviews mit Lehrpersonen. Der Stichprobenumfang für die Interviews ergibt sich dabei aus der Bereitschaft der Lehrpersonen zur Teilnahme. Der anfänglich genutzte Leitfaden zeigte bereits nach erfolgter Durchführung mit n = 3 eine zu geringe inhaltliche Passung. In der Überarbeitung wurde verstärkt auf eine niedriger inferente Anpassung des Leitfadens geachtet. Zahlreiche offene oder halboffene Fragen lassen dennoch eine freie Rückmeldung zu den virtuellen Laboren und dem begleitenden didaktischen Konzept zu. Die Selbsteinschätzung auf den beschriebenen Skalen ermöglicht eine stringentere Validierung der Daten. Hierzu wurden zusammenfassende exemplarische Items für die jeweiligen Konstrukte generiert. Eine Selbsteinschätzung des Grades der Betroffenheit erfolgt durch Verortung auf einer 7-stufigen Skala, die die Phasen der Eingebundenheit darstellen.

Evaluation der Schüler*innentätigkeit mit virtuellen Laboren

Auf der Ebene der Schüler*innen wird anhand von user-generated content – in der Form von Logfiles der virtuellen Labore und Uploads digitaler Auswertungen der Teilnehmenden – die Arbeitsweise nachvollzogen. So sollen mögliche kausale Zusammenhänge zwischen der Vor- und Nachbereitung sowie der Qualität der praktischen Durchführung und Auswertung im Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung identifiziert werden. Hierzu werden die Experimentierphasen videografiert und anschließend mit einem Codiermanual ausgewertet und in Bezug zu den Logfiles gesetzt. Die Schüler*innen arbeiten dabei in Kleingruppen, wobei die einzelnen Kleingruppen unterschiedliche Inhalte bearbeiten. In der Vorbereitungsphase bearbeiten zunächst alle Schüler*innen als einführenden Inhalt ein virtuelles Labor zu Aufbau und Bedienung der Messgeräte und der Nutzung von Messdaten. Anschließend werden die Teilnehmenden jeweiligen arbeitsteiligen Kleingruppen zugeordnet. In diesen Kleingruppen erarbeiten die Schüler*innen die weiteren Inhalte anhand der virtuellen Labore. Dieses Vorgehen eignet sich für einen praxisnahen unterrichtspraktischen Einsatz der Innovation, da durch die arbeitsteilige Herangehensweise ein breites Spektrum an Parametern erhoben werden kann, wodurch eine umfassende Bewertung eines Gewässers ermöglicht wird.
Ergänzend zu den qualitativen Daten werden während der Schülerarbeitsphasen zu insgesamt vier Testzeitpunkten quantitative Daten mittels digitaler Fragebögen erhoben. Während der Vor- und Nachbereitung sowie bei der Durchführung werden die Schüler*innen zu den Konstrukten „Aktuelle Motivation“ (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001), „Flow-Erleben“ (Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003) und „Kognitive Belastung“ (Leppink et al., 2013) befragt. Weiterhin erfolgt eine Befragung hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit der virtuellen Labore (Brooke, 1996; in Anlehnung an Deutsches Institut für Normung, 2016) am Ende der Vorbereitungsphase. Die Zuordnung der Daten zu den jeweiligen Videodaten und Logfiles erfolgt anonymisiert über die für die jeweilige Erhebung ausgegebenen Zugangsdaten der Teilnehmenden.

Ausblick

Nach erfolgter Pilotierung der Testinstrumente werden diese bei Bedarf überarbeitet. Im weiteren Verlauf soll die Lerneinheit mit weiteren Lerngruppen der Sekundarstufe I durchgeführt und evaluiert werden. Parallel erfolgen weitere Erhebungen mit Lehrpersonen.

Literatur

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, *189*(194), 4–7.

Deutsches Institut für Normung (2016). Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO/DIS 9241-11:2015) (DIN EN ISO 9241-11 2016).

Dickhäuser, O. (2001). *Computernutzung und Geschlecht*. *Ein Erwartung-Wert-Modell,* Münster, New York, München [etc.]: Waxmann.

Eder, A. (2008). Digitale Medienverwendung an berufsbildenden Schulen – Ergebnisse einer empirischen Studie. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online* (Spezial 4), 1–18.

George, A.A., Hall, G.E. & Stiegelbauer, S.M. (2013). *Measuring implementation in schools: The Stages of Concern Questionnaire,* Austin, TX: Southwest Educational Development Laboratory.

Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Klees, G. & Tillmann, A. (2015). Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. Entwicklung, Implementierung und Wirkung einer multimedialen Lernumgebung im Biologieunterricht zur Optimierung von Lernprozessen im Schülerlabor. *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*, *F* (6), 91–110.

Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C.P.M., van Gog, T. & van Merriënboer, J.J.G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, *45*(4), 1058–1072.

Neff, S., Engl, A., Kauertz, A. & Risch, B. (2018). Transfer virtueller Labore in den schulischen Unterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 930–933). Regensburg.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, *47*(2), 57–66.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. 2)* (S. 261–279). Göttingen: Hogrefe.

Sachse, K.A., Kretschmann, J., Kocaj, A., Köller, O., Knigge, M. & Tesch, B. (2012). *IQB-Ländervergleich 2008/2009*. Humboldt-Universität zu Berlin, Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen.

Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories.* Dresden: Technische Universität Dresden.

Tigges, A. (2008). *Geschlecht und digitale Medien,* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Christin Marie Sajons Universität Oldenburg
Michael Komorek

Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren

Im niedersächsischen Promotionsprogramms GINT (https://uol.de/gint) werden Prozesse außerschulischen Lernen mit empirischen Methoden untersucht, weil hierin ein größeres Forschungsdesidarat besteht (Braund & Reiss, 2007; Tal, 2012; Harring, Witte & Burger, 2016; Rohs, 2016). Fünf Universitäten (Kreta, Süddänemark, Vechta, Hannover und Oldenburg) mit 15 Doktoranden/innen arbeiten mit über zwanzig außerschulischen Lernorten der MINT-Fächer sowie Geographie, Philosophie und Politik zusammen. So werden insbesondere im Fach Physik Schülerlaborangebote empirisch begleitet, fachdidaktisch analysiert und im Rahmen von design-based research (Design-Based Research Collective, 2003; Reinmann, 2005) zusammen mit den Laborleitenden weiterentwickelt (Sajons & Komorek, 2018, Sajons, Stiefs & Komorek, 2018; Pollmann, 2018). Fachdidaktische Entwicklungsarbeiten beziehen sich bei GINT auch darauf, Angebote verschiedener Typen von Lernorten systematisch aufeinander zu beziehen und empirisch zu untersuchen, wie Schüler/innen bzw. Lehrkräfte mithilfe vernetzter Angebote komplexe Themen verstehen bzw. in ihren Unterricht integrieren können.

Die Entwicklung der Bildungsregionen ist ein erklärtes Ziel der Bundesländer (vgl. Niedersächsische Landesregierung, 2014), das insbesondere die organisatorische Vernetzung von Schulen und außerschulischen Bildungseinrichtungen in den Fokus nimmt. Andere Formen der Vernetzung beziehen sich auf Lernorte desselben Typs, die vielfach über ihre Interessensverbände vernetzt sind. Bislang fehlte aber eine inhaltliche Vernetzung der Angebote unterschiedlicher Lernorte, die wir komplementäre Vernetzung nennen. Mit ihr ist gemeint, dass sich verschiedene Typen von Lernorten wie Museen, Schülerlabore, Umweltbildungszentren, Science Center, Nationalpark-Häuser etc. gegenseitig ergänzen, indem sie ihre Inhalte, methodischen Zugänge oder ihre gesellschaftlichen Perspektiven verknüpfen (vgl. Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018).

BNE durch vernetzte Angebote

Das 21. Jahrhundert ist durch „ill-definded problems" gekennzeichnet, den Klimawandel, die Frage der Energieversorgung, genereller globaler Wandel, Ungerechtigkeit, ungehemmtes Wirtschaftswachstum oder abnehmende Biodiversität. Bildung muss auf den Umgang mit komplexen, interdisziplinären Themen vorbereiten und benötigt dazu das Zusammenspiel vieler Perspektiven. Die Schulen sind allerdings schlecht auf die Nachhaltigkeitsbildung vorbereitet, weil sie üblicherweise enge disziplinäre Zugänge verfolgen. Außerschulische Lernorte können Schulen unterstützen, weil gerade sie überfachliche Kontexte und erprobte interdisziplinäre Zugänge vorhalten. Komplementär vernetzte Lernorte können diese Stärke noch steigern und sind dadurch für die Nachhaltigkeitsbildung geeignet (Stockmayer, Rennie & Gilbert, 2010).

Komplementäre Vernetzung über viele Pfade

Komplementär kann eine Vernetzung bezogen auf gemeinsame Themen sein wie etwa beim Küstenschutz: Während ein Schülerlabor anbietet, dass Schüler/innen verschiedene Deichvarianten selbst bauen und ausprobieren, kann ein Museum ihren Besucher/innen Sturmfluten und historische Aspekte von Deichbau und Veränderungen im Küstenraum nahebringen. Und ein Nationalparkhaus an der Küste erklärt und visualisiert die Interessenskonflikte im

Küstenraum zwischen Küstenschutz, Naturschutz und Tourismus. Komplementär können auch gemeinsame Bildungsziele (wie eben BNE) oder die Bildung interessierter Laien im Sinne eines public understanding of science erreicht werden. Je nach Ausrichtung und Stärke bringen die Lernorte naturwissenschaftliche, kulturelle, historische, ökonomische, ökologische, ethische, technische, politische und weitere Perspektiven ein. Auch eine Kompetenzorientierung oder die gemeinsame Nutzung von Objekten und Produkten können Ansatzpunkte für die komplementär vernetzte Zusammenarbeit sein.

Bildungswert vernetzter Angebote

Durch die komplementären Zugänge erlangen die Besuchenden der Lernorte, insbesondere Schüler/innen ein besseres Verständnis komplexer Themen und regionaler Entwicklung sowie die Sensibilität gegenüber interdisziplinären gesellschaftlichen Konflikten und Dilemmata. Den Lehrkräften hilft die komplementäre Vernetzung dabei, ihre fachlichen und überfachlichen Unterrichtsziele besser zu erreichen; sie können vom Netzwerk beraten werden, wie sie neue Lernorte nutzen. Den Lernorten ergibt sich eine effektive Nutzung der eigenen Angebote und eine fundierte Zusammenarbeit mit anderen Lernorten. Und für die Bildungsregion erhöht sich die Bildungsteilhabe von besonders Interessierten bis hin zu ansonsten Bildungsbenachteiligten. Diese Aussagen sind jeweils empirisch zu überprüfen (s.u.)

Komplementäre Formate für Schulklassen

In Wilhelmhaven und im Kreis Friesland wird die komplementäre Vernetzung zusammen mit der Universität Oldenburg von sechs außerschulischen Lernorten erprobt, dem Nationalpark-Haus "Wattenmeer-Besucherzentrum", dem Schülerlabor "Lernort Technik und Natur", dem historisch ausgerichteten Küstenmuseum, dem Marinemuseum, dem Botanische Garten mit dem Verein grün&bunt sowie dem Regionalen Umweltbildungszentrum in Schortens. Wissenschaftlich begleitet wird derzeit eine komplementäre Projektwoche zum Oberthema "Herausforderung Leben im Klimawandel", gefördert durch die niedersächsische BINGO-Umweltstiftung. Vor der Projektwoche wurde für die beteiligten Lehrkräften eine Fortbildung angeboten. Es zeigte sich hierbei, dass die Lehrkräfte vernetzte Angebote als eine sinnvolle Ergänzung schulischer Angebote ansehen, insbesondere wenn es um komplexe fachübergreifende Themen geht, dass sie allerdings vor den organisatorischen Konsequenzen zunächst zurückschrecken (Bachelorarbeit von Aylin Freericks).

Die Fridays for Future-Bewegung zeigt aktuell, dass sich Schüler/innen mit komplexen Fragestellungen durchaus auch intensiv befassen, insbesondere mit dem Klimawandel. Mit der Projektwoche wollten die Lernorte die Schüler/innen für das Thema (weiter) sensibilisieren und wichtige Grundlagen vermitteln. 130 Sechsklässler/innen aus fünf Schulklassen (Gymnasium, IGS und Oberschule) nahmen an der Projektwoche teil. An den ersten vier Wochentagen besuchten sie jeweils einen der Lernorte; am fünften Tag arbeiteten sie die Erfahrungen und Eindrücke in ihren Schulen auf. Hierfür wurde eigens Begleitmaterial und eine Handreichung für die Lehrkräfte entwickelt (Masterarbeit von Inessa Zinn).

Die vernetzten Angebote in der Projektwoche

Zentrales Ziel der Projektwoche war es, ein vielschichtiges Bild von den Herausforderungen des Klimawandels zu zeichnen. Jeder Lernort hat eines seiner Angebote am Oberthema ausgerichtet und zu Beginn sowie am Ende des Vormittags explizite Bezüge zu den anderen Lernorten hergestellt. Am Lernort Technik und Natur wurde ein Solarboot hergestellt, das für die Nutzung sauberer Energie zur Reduzierung des CO_2-Eintrags in die Atmosphäre steht. Beim "Klimafrühstück" des RUZ Schortens erarbeiteten die Schüler/innen ihr Verhalten beim Einkaufen von Lebensmitteln und die Folgen unseres Konsums. Die Angebote dieser beiden Lernorte ergänzten sich also, indem sie verschiedene Maßnahmen aufzeigen,

die den Klimawandel bremsen können. Und das Küstenmuseum verdeutlichte unter einer historischen Perspektive Schutzmaßnahmen der Küstenbewohner gegen Sturmfluten sowie gegen den natürlichen und den menschengemachten Anstieg des Meeresspiegels. Küstenmuseum und RUZ ergänzten sich also darin, dass sie den Blick in die Vergangenheit mit dem eigenen Verhalten in der Zukunft verbanden (vgl. Abb 1).

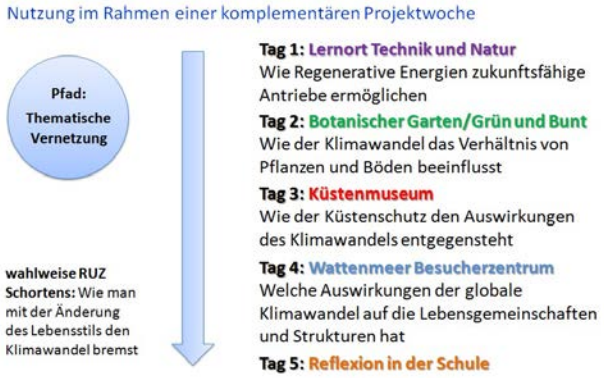


Abb. 1 Konzept der komplementären Projektwoche

Begleitforschung und Fazit

Die empirische Begleitforschung ist noch nicht abgeschlossen (Masterarbeiten von Inessa Zinn und Jonas Tischer). Schüler/innen, deren Lehrkräfte und die beteiligten Lernortbetreibenden wurden befragt, um die Wahrnehmungen und Einsichten dieser drei Akteursgruppen aufeinander zu beziehen. Auf Seiten der Schüler/innen bestanden folgende Forschungsfragen:

- Inwiefern können Schüler/innen ihre Handlungen an den verschiedenen Lernorten reflektieren und begründen?
- Inwieweit können sie die verschiedenen Perspektiven der Lernorte von deren konkreten Angeboten abstrahieren und auf das Motto der Projektwoche beziehen?
- Wie können die Schüler/innen die Perspektiven der Lernorte aufeinander beziehen und Unterscheide und Gemeinsamkeiten herausarbeiten? In welchem Maße können sie dabei potentielle Konflikte und Dilemmata nachvollziehen, die sich aus den teilweise gegensätzlichen Perspektiven ergeben?
- Und inwieweit können die Schüler/innen die komplexen Herausforderungen herausarbeiten und formulieren, denen die Küstenbevölkerung gegenübersteht?

Die Schüler/innen wurden begleitend während und nach den Angeboten im Rahmen eines halboffenen strukturierten Leitfadeninterviews befragt. Feldnotizen während der Projektwoche und Interviews in den Schulen ergänzten die Datenaufnahme (vgl. Laherto, 2013). Die Auswertung fand im Rahmen qualitativer Inhaltanalyse der Interview- und der Beobachtungdaten statt. Ein Großteil der Schüler/innen konnte nicht nur die Angebote der einzelnen Lernorte wiedergeben, sondern auch die (abstrakten) Perspektiven der Lernangebote benennen und aufeinander beziehen. Dies ist eine erstaunlich hohe Abstraktionsleistung der jungen Schüler/innen. Zudem gelang es vielen von ihnen in der Nachbereitung in der Schule, die sehr unterschiedlichen Angebote und Perspektiven in einen Zusammenhang mit dem Motto der Projektwoche zu stellen.

Es zeigt sich damit schon jetzt, dass das Konzept der komplementär vernetzten Angebote zum Verstehen von Komplexität selbst in unteren Klassen beitragen kann. Die Ergebnisse ermutigen und haben dazu geführt, dass die beteiligten Schulen nun eine Implementation der vernetzten Angebote über zwei Schuljahre hinweg erproben wollen, im Sinne eines interdisziplinären spiralcurricularen Ansatzes.

Literatur

Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. International Journal of Science Education 28(12), 1373-1388.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.

Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven. Weinheim: Beltz

Laherto, A. (2013). Informing the development of science exhibitions through educational research. International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement, 3:2, 121-143.

Niedersächsisches Kultusministerium (2014). Rahmenkonzept für Bildungsregionen in Niedersachsen. Hannover: MK. www.mk.niedersachsen.de/startseite/schule/bildungsregionen_niedersachsen/allgemeine_informationen_zu_bildungsregionen/bildungsregionen-in-niedersachsen--150302.html

Pollmann, S. (2018). Development and implementation of a concept of complementary networking of extracurricular learning environments in the region of Wilhelmshaven. University of Oldenburg.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33/1, 52-69.

Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Jahrestagung der GDCP 2017; S. 660-663; Universität Regensburg. http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_648_Richter.pdf

Rohs, M. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen. Berlin: Springer.

Sajons, C. & Komorek, M. **(**2018). Charakterisierung von Schülerlaborangeboten als Grundlage zur Analyse von Angebot-Nutzungs-Prozessen. Aneignungspraktiken an ausserschulischen Lernorten, Münster: Lit.

Sajons, C., Stiefs, D. & Komorek, M. (2018). Zielstrukturen, Charakteristika und Abläufe in Schülerlaboren. In: C. Maurer (Hrsg.). Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, 652-654, Universität Regensburg.

Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education, Studies in Science Education, 46 (1), 1-44.

Tal, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.) Second International Handbook of Science Education. Heidelberg: Springer, 1109-1122

Daniela Egger
Sarah Brauns
Simone Abels

Leuphana Universität Lüneburg

Vorgehen im Entwickeln eines Analyserasters für Prädiktoren inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts

„Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden –unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen –die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“ (Menthe et al., 2017, 801).

Diese Definition von inklusivem Naturwissenschaftsunterricht betont, dass eine Zusammenführung von Inklusionspädagogik und Fachdidaktik den Prozess der Partizipation fördern und Exklusion in unserem gegenwärtigen Fachunterricht reduzieren könnte (UNESCO, 2009). Jedoch zeigt sich, dass es sich schwierig gestaltet, die Ansprüche an Fachunterricht und inklusiven Unterricht zu kombinieren, besonders in der Sekundarstufe (Abels, 2016; Musenberg & Riegert, 2015). Es ist anzunehmen, dass sich mit zunehmender Komplexität der Fachinhalte die Gestaltung inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts herausfordernder darstellt. Damit Lehramtsstudierende sich dieser Herausforderung in der späteren Berufspraxis stellen und diese bewältigen können, müssen die Studierenden noch während ihrer universitären Ausbildung Kompetenzen entwickeln, die sie bei der Planung und Durchführung inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts nutzen können (Egger et al., 2019).

Im BMBF Projekt Nawi-In (Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten) ist das Ziel festzustellen, wie sich die professionelle Kompetenz von Lehramtsstudierenden für die Gestaltung inklusiven naturwissenschaftlichen Fachunterrichts in der Primar- und Sekundarstufe entwickelt und ggf. unterscheidet. Entlang von Videovignetten fremden Unterrichts und der Videografie eigenen Unterrichts reflektieren die Studierenden, welche Szenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen (Seidel et al., 2011). Sie erhalten die Aufgabe, inklusiv gestalteten Naturwissenschaftsunterricht durchzuführen und diesen auf Video aufzunehmen. Die Reflexionen fremden und eigenen Unterrichts werden audiographiert und dienen als Basis, um Kompetenzen prozessbezogen zu erheben (ebd.). Um die reflektierten und in der Praxis angewendeten Kompetenzen der Studierenden einordnen und analysieren zu können, wird ein Analyseraster entwickelt, das sowohl die Kompetenzen in Form von Prädiktoren inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts als auch die Reflexionstiefe und Anwendung eben dieser Kompetenzen abbilden soll.

Forschungsdesign

Der Rahmen für das Raster – spezielle Prädiktoren für das Gelingen inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts – soll aus den Auswertungsergebnissen von Expert*inneinterviews (Gläser & Laudel, 2009) und einem Systematic Literature Review (Fink, 2009) entstehen. Die problemzentrierten Interviews (Witzel, 2000) wurden mit sechzehn Expert*innen geführt – Sonderpädagog*innen sowie Lehrkräften für Sachunterricht und Sekundarstufe I mit Bezug zu Naturwissenschaftsunterricht. Die Auswertung erfolgte auf zwei Ebenen: Fallbezogen und fallübergreifend, um individuelle Charakteristika und kategorienbezogene Ergebnisse zu erzielen (Döring & Bortz, 2016; Sellin et al., 2019). Parallel dazu wurde das Systematic Literature Review (SLR) durchgeführt, das aus einem Sample von 265 Artikeln über inklusiven Naturwissenschaftsunterricht (Primar- und Sekundarstufe) besteht (Brauns et al., in Vorb.). Hierfür wurden verschiedene Datenbanken (ERIC, FIS Bildung, scopus) mit Suchbegriffen zu inklusivem Naturwissenschaftsunterricht

durchsucht, das daraus entstandene Sample (10787 Artikel) gefiltert, Duplikate entfernt und Titel und Abstracts geprüft. Das verbleibende Sample von 265 Artikeln wurde analysiert.
Die vorliegenden Daten aus Transkripten und Fachliteratur wurden durch eine qualitative Inhaltsanalyse (nach Kuckartz, 2016) ausgewertet und induktiv Kategorien erstellt. In einem nächsten Schritt war eine Methodentriangualation nach Flick (2004) vorgesehen, um aus den zusammengeführten Ergebnissen das Analyseraster zu erstellen. Von dieser Triangulation muss jedoch Abstand genommen werden, da die Aussagen in den Interviews wenig aufschlussreich für die gesuchten Prädiktoren waren.

Diskussion
Wie in der folgenden Grafik (Abb. 1) angedeutet wird, wurden in der Literaturanalyse spezifischere Kategorien zu inklusivem Naturwissenschaftsunterricht gefunden, als in den Analysen der Expert*inneninterviews. In den Transkripten waren die Aussagen der Interviewpartner*innen eher allgemein- oder inklusionspädagogisch formuliert und selten speziell auf inklusiven Naturwissenschaftsunterricht bezogen. Da das Ziel des Analyserasters jedoch darauf fokussiert, fachdidaktische Kompetenzen aufzuzeigen, die explizit mit inklusiver Pädagogik verknüpft sind, sind die Ergebnisse der Expert*inneninterviews nicht spezifisch genug, um daraus Kategorien abzuleiten, die im Analyseraster verankert werden können.

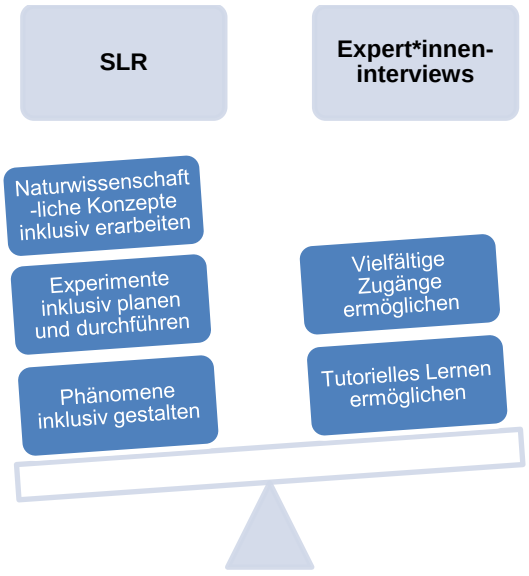


Abb. 1: Kategorien aus dem SLR und den Interviews

Durch die Ungleichgewichtung der Kategorien ist eine gleichwertige Zusammenführung der Ergebnisse beider Methodenstränge im Rahmen einer Triangulation nicht möglich (Flick, 2004). Daher wird das Analyseraster ausschließlich mit Kategorien aus dem SLR erstellt und ggf. durch Einzelzitate aus den Expert*inneninterviews ergänzt. Das Analyseraster wird derzeit an den Audiodaten erprobt.

Literatur

Abels, S. (2016). Chemieunterricht und Inklusion – zwei unvereinbare Kulturen? In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), Befähigung zu gesellschaftlichen Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung (323-334). Münster, New York: Waxmann.

Brauns, S., Egger, D. & Abels, S. (in Vorb.). Indikatoren gelungenen inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts – ein Review.

Döring, N., Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften Springer-Lehrbuch 5. Berlin & Heidelberg: Springer.

Egger, D., Brauns, S., Sellin, K., Barth, M. & Abels, S. (2019, angenommen). Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Journal für Psychologie.

Fink, A. (2009). Conducting Research Literature Reviews – From the Internet to Paper. California: SAGE Publications.

Flick, U. (2004). Triangulation. Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Gläser, J., Laudel, G. (2009). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse – als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse - Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (800-803). Regensburg: GDCP.

Musenberg, O., & Riegert, J. (Hrsg.). (2015). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Kohlhammer.

Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others?. *Teaching and Teacher Education 27,* 259-267.

Sellin, K., Barth, M. & Abels, S. (2019, eingereicht): Prädiktoren für gelungenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primar- und Sekundarstufe I: Erfahrungen von Lehrkräften mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen. GDSU Tagungsband

UNESCO. (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Abgerufen von http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf.

Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research [Online Journal], 1(1). Abrufbar über: http://qualitative-research.net/fqs [00-05-20].

Sina Gómez Thews Universität Hildesheim
Jürgen Menthe Universität Hildesheim

Der gemeinsame Gegenstand im inklusiven Chemieunterricht

Bereits in den 1980er Jahren wurde der Anspruch einer Schule für alle erhoben. Georg Feuser forderte in seinen Arbeiten, dass alle Lernenden zusammen kooperativ am gemeinsamen Gegenstand lernen sollten. In der Literatur wird vielfach auf den Begriff des gemeinsamen Gegenstands und seine Bedeutung für die Unterrichtsplanung eingegangen.
Seit Unterzeichnung der UN-Behindertenrechtskonvention vor zehn Jahren stellt Inklusion ein zentrales fachdidaktisches Forschungsfeld dar. Ein Unterricht, an dem alle partizipieren können, ist dabei das Ziel von inklusiver Unterrichtsplanung.

Theoretische Rahmung

Das Konzept des gemeinsamen Gegenstandes stellt den Mittelpunkt von Feusers entwicklungslogischer Didaktik dar (Feuser, 1989). Er fordert die Beschulung aller Schülerinnen und Schüler an einer Schule anstelle einer Aussortierung von Lernenden mit Behinderungen. Eine solche Beschulung soll durch eine kooperative Arbeit an einem gemeinsamen Gegenstand innerhalb eines Projektunterrichts ermöglicht werden. Die Lerninhalte, mit denen sich die Lernenden beschäftigen, sollen dabei ausgehend von den individuellen Lernvoraussetzungen differenziert werden. Feuser stellte diese differenzierbare Struktur von Lerninhalten mit Hilfe eines Baumes dar, dessen Stamm den Kern eines Gegenstandes und seine Äste die stets komplexer werdenden Anforderungsbereiche darstellten (Feuser, 1989, 31ff). Neuere Ansätze beschreiben die Struktur von Lerninhalten in ähnlicher Weise. Seitz (2006) hat für ihre Beschreibungen Fraktale verwendet, da diese im Gegensatz zu einem Baum keine hierarchischen Strukturen aufweisen. Das Rhizom wählte Musenberg (2016) für seine Betrachtungen, da dieses stark verflochten ist und die komplexen Gefüge von Lerninhalten seines Erachtens am besten repräsentieren kann.
Für die Planung von differenzierten Unterrichtssettings entwarf Klafki ein Raster, in dem man verschiedene Überlegungen eintragen konnte, um den Unterricht an die Lernvoraussetzungen der Lernenden anzupassen (Klafki, 1994, S. 188). Ein weiteres Instrument zur Planung von binnendifferenziertem Unterricht stellte der Mathematikdidaktiker Kutzer 1998 vor: Das Lernstrukturgitter. Er trug unterschiedliche Niveaustufen nach dem Grad ihrer Abstraktheit gegen die ansteigende Komplexität eines Lerninhaltes auf.
Ausgehend von diesem entwickelten Menthe et al. eine Adaption des Lernstrukturgitters für den Chemieunterricht (Menthe et al, 2015). Inspiriert durch das E-I-S Prinzip nach Bruner (1971) enthält es die Niveaustufen *konkret-handelnd*, *anschaulich-bildhaft* und *symbolisch-abstrakt*, wobei zusätzlich noch die *basal-perzeptive* Ebene vorangestellt wurde (s. Abb. 1). Mit Hilfe dieses Planungsinstrumentes können Lerninhalte für einen inklusiven Unterricht aufbereitet werden und Möglichkeiten für die Gestaltung von mehreren Unterrichtsstunden dargestellt werden. In der Anwendung sollten die einzelnen Bereiche des Gitters im Sinne Vygotskis als Zonen der proximalen Entwicklung verstanden werden.

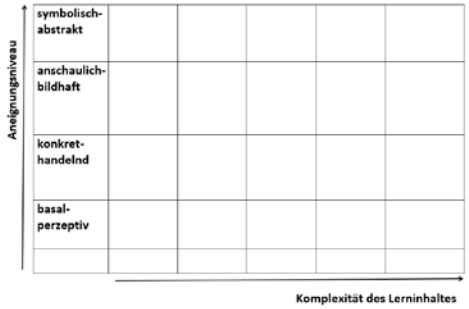


Abb. 1: Lernstrukturgitter

Die Verwendung des Lernstrukturgitters bietet sich für den naturwissenschaftlichen Unterricht besonders an, da dieser nach Johnstone (2000) drei Ebenen aufweist, die sich in allen Lerninhalten wiederfinden. Hierdurch wird im besonderen Maße eine differenzierte Darbietung des Lerngegenstandes auf verschiedenen Aneignungsniveaus für die Lernenden ermöglicht.

Forschungsfrage

Ausgehend von diesen theoretischen Grundlagen, die besonders für die Planung für Unterricht aus der Perspektive der Lehrenden gedacht sind, stellt sich bei genauerer Betrachtung jedoch die Frage, ob die Lernenden den von der Lehrperson intendierten gemeinsamen Gegenstand ebenfalls wahrnehmen. Es wäre in Betracht zu ziehen, dass sie zwar etwas Gemeinsames an dem Unterricht sehen, aber dies für sie nicht zwangsläufig durch den Lerninhalt repräsentiert wird. Das kooperative Arbeiten und Experimentieren in den Gruppen könnten unabhängig vom bearbeiteten Inhalt als das Verbindende rekonstruiert werden. Da die Lernenden während des Chemieunterrichts innerhalb von Experimenten mit verschiedenen materiellen Objekten umgehen, könnten eben diese auch als Gemeinsames gesehen werden. Denkbar wäre ebenfalls, dass ein gemeinsamer Gegenstand sich für die Lernenden gänzlich anders konstituiert und mit den vorausgehenden Überlegungen noch nicht erfasst wurde.

Design

Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens werden Videografien von inklusiven Unterrichtsstunden angefertigt. Die Planung und Vorbereitung dieser erfolgt in Zusammenarbeit mit den unterrichtenden Fachlehrkräften und richtet sich nach den curricularen Vorgaben. Zur Planung der Unterrichtsstunden werden ebenfalls Lernstrukturgitter zu den jeweiligen Lerninhalten erstellt. Innerhalb der Videografien werden kleine Gruppen von Lernenden aufgezeichnet, die gemeinsam mit Hilfe von Experimenten einen Lerninhalt erarbeiten. Anschließend an den Unterricht werden Gruppeninterviews mit den jeweiligen Lernenden durchgeführt, die ebenfalls aufgezeichnet werden. In diesen Interviews werden Fragen zu der vorangegangenen Stunde gestellt. Die Lernenden sollen hier darstellen, was für sie der Inhalt dieses Unterrichts war. Ergänzend soll diskutiert werden, welchen Aufgaben die anderen Gruppen während der Erarbeitungsphasen nachgegangen sind.

Die Auswertung der Daten erfolgt durch die dokumentarische Methode (Bohnsack, 2007). Hierbei wird sich auf die weiterführenden Betrachtungen von Asbrand und Martens (2018) gestützt, die die dokumentarische Methode mit den Theorien von Bruno Latour (2002) und seiner Akteur-Netzwerk-Theorie verbinden und die Rolle von Gegenständen in unterrichtlichen Settings mit in den Blick nehmen (Asbrand, Martens & Petersen, 2013).

Nach dem Erstellen von Transkripten zu dem Videomaterial wird nach der Vorgehensweise der dokumentarischen Methode zunächst die formulierende Interpretation angefertigt. Diese besteht aus zwei Teilbereichen, da sie sowohl für die verbale als auch die nonverbale Ebene der audio-visuellen Daten vorgenommen wird (Asbrand & Martens, 2018, S. 245). Ebenfalls werden Fotogramme angefertigt, die Momente verdichteter Interaktion repräsentieren und anhand derer in besonderer Weise entscheidende Prozesse analysiert und veranschaulicht werden können.

Abb. 2:Aushandlungsprozess

In den folgenden Abbildungen sind Fotogramme dargestellt, die aktuell für die Analyse des Forschungsvorhabens verwendet werden. Sie stammen aus derselben Gruppe von Lernenden, die im Rahmen einer Experimentierphase eines Chemieunterrichts einen Lerninhalt erarbeiten. In beiden Abbildungen steht das Thermometer als Gegenstand und Gerät im naturwissenschaftlichen Unterricht im Mittelpunkt. In Abbildung 2 ist zu sehen, wie die drei Schüler die Temperatur von Eiswürfeln in einem Becherglas messen wollen und darüber in den Austausch gelangen, wie das Thermometer abzulesen ist und welche Temperatur es in diesem Moment anzeigt. Hier kann ein Lernprozess beobachtet werden, der durch einen gemeinsamen Aushandlungsprozess innerhalb der Gruppe ermöglicht wird.

Abb. 3: Konkurrenz

Ein anderes Bild zeigt sich in einer späteren Sequenz dieses Unterrichts (s. Abb. 3). Dort sind die Lernenden zu sehen, wie sie mit der Lehrperson interagieren. Zwei der Schüler und der Lehrende halten mit einer Hand das Thermometer. In dieser Situation wird die korrekte Positionierung des Thermometers am Eis thematisiert. Keiner der Beteiligten möchte aber bei der Justierung des Thermometers seine Hand zurücknehmen, so dass erst nach Aufforderung der Lehrperson ein Zurückweichen erfolgt. Hier zeigt sich im Bezug auf den Gegenstand also ein eher konkurrierendes Verhalten.

Ausgehend von dieser Vorarbeit wird anschließend die reflektierende Interpretation durchgeführt, in der die Orientierungsrahmen der Lernenden rekonstruiert werden (Asbrand & Martens, 2018, S. 261).
Diese ersten Eindrücke aus dem Datenmaterial müssen also in einem nächsten Schritt systematisiert und entsprechend der dokumentarischen Methode tiefergehend analysiert werden. Mit Hilfe dieses Auswertungsverfahrens werden dann über die Orientierungsrahmen der Gruppen und Gruppenmitglieder die Bedeutungen des gemeinsamen Gegenstandes für die Lernenden rekonstruiert.

Ausblick

Bisher wurden Unterrichtsstunden mit dem Lerninhalt *Aggregatzustände* in zwei Schulklassen des sechsten Jahrganges videografiert. Aktuell liegt der Fokus auf der Aufbereitung und Analyse des vorhandenen Datenmaterials. Im laufenden Schuljahr werden weitere Unterrichtsstunden in Zusammenarbeit mit Lehrenden geplant und anschließend videografiert. Die so erhobenen Daten sollen den bisher bestehenden Datensatz erweitern und ergänzen. Durch dieses Vorgehen sollen Kontrastfälle zu den bisher betrachteten Gruppen generiert und mit ihnen in Beziehung gesetzt werden, um die Orientierungsrahmen umfassender rekonstruieren zu können.

Literatur

Asbrand, B. & Martens, M. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. Wiesbaden: Springer.
Asbrand, B., Martens, M., & Petersen, D. (2013). Die Rolle der Dinge in schulischen Lehr-Lernprozessen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften. doi:10.1007/s1168-013-0413-1.
Bohnsack, R. (2007). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. Opladen: Barbara Budrich.
Bruner, J. S. (1971). Studien zur kognitiven Entwicklung: eine kooperative Untersuchung am "Center for Cognitive Studies" der Harvard-Universität. Stuttgart: Klett.
Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. Behindertenpädagogik (1), 4-48.
Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological Chemistry Education. Research and Practice.
Klafki, W. (1994). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim: Beltz.
Kutzer, R. (1998). Mathematik entdecken und verstehen. Bd. 1. Kommentarband. Frankfurt a. M.: Diesterweg.
Latour, B. (2005). Reassambling the social. An introduction to Actor-Network-Theorie. Oxford: UP.
Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Rott, L. (2015). Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In J. Riegert, & O. Musenberg, Inklusive Fachdidaktik in der Sekundarstufe. Stuttgart: Kohlhammer, 158-164.
Musenberg, O. (2016). Zum Verhältnis von Didaktik und Differenz. In O. Musenberg, & J. Riegert, Didaktik und Differenz. Bad Heilbronn: Klinkhardt, 11-32
Riegert, J. & Musenberg, O. (Hrsg.). (2015). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Kohlhammer.
Vygotski, L. S. (2002). Denken und Sprechen. Psychologische Untersuchungen. Weinheim, Basel: Beltz.

Katharina Groß Universität Wien

Chemie inklusiv unterrichten – Möglichkeiten in der Lehrerbildung

Einleitung

Mit Blick auf alle Schüler*innen im inklusiven Chemieunterricht[1] gewinnt neben der Vermittlung des fachlichen Wissens die pädagogische Arbeit der Lehrer*innen verstärkt an Bedeutung. Um einen inklusiven Chemieunterricht zielführend umzusetzen, muss das fachliche und soziale Lernen der Schüler*innen miteinander verbunden werden, das auf einer guten Schüler-Lehrer-Beziehung sowie einer entsprechenden Feedback-Kultur aufbaut und insbesondere durch den Einsatz von kooperativen und schüleraktivierenden Lernformen in einem flexiblen und (ziel-) differenzierenden Lernsetting erreicht werden kann (vgl. Booth & Ainscow, 2002, Abels, 2015, Baumann et al., 2018). Die Bereitstellung solcher Lernarrangements erfordert professionelle Kompetenzen auf Seiten der Lehrenden, die auf Basis einer entsprechenden positiven Sicht- und Denkweise zur Inklusion aufgebaut werden können (Florian & Black-Hawkins, 2011). Insbesondere für Lehrer*innen des Sekundarbereichs, deren Rollenverständnis nicht zuletzt auf Grund ihrer fachnahen Ausbildung an der Universität primär in der Wissensvermittlung zu finden ist (Rouse, 2008), ist dies mitunter keine leichte Aufgabe und bedarf einer Einstellungsänderung, um mit der Diversität in ihrer Chemieklasse angemessen umgehen zu können. So zeigen zahlreiche Studien, dass sich viele Lehrende für den gemeinsamen Unterricht von Schüler*innen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf überfordert fühlen, weil sie ihre eigene professionelle Kompetenz für die Umsetzung von Inklusion als nicht ausreichend ausgebildet einschätzen, negative Erfahrungen sowohl mit herausfordernden Schüler*innen als auch im Rahmen notwendiger Kooperationen gemacht haben oder sich aus ihrem Rollenverständnis heraus nicht verantwortlich fühlen (u.a. Gavish, 2017, Forlin, 2001). Darüber hinaus identifiziert die UNESCO negative Einstellungen von Lehrenden als „major barriers“ zur Umsetzung von Inklusion (UNESCO, 2005).

In diesem Sinne ist es bedeutsam, bereits im Rahmen der universitären Lehrerbildung entsprechende kompetenz- und einstellungsfördernde Angebote für zukünftige Chemielehrer*innen bereitzustellen, die sich sowohl mit den Chancen als auch mit den realen Herausforderungen eines inklusiven Fachunterrichts reflektiert auseinandersetzen.

Schlüter et al. konnten zeigen, dass eine inklusionsorientierte Vorbereitung von Chemielehramtsstudierenden im Rahmen ihrer universitären Bildung zu einer positiven Änderung ihrer Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit für einen inklusiven Fachunterricht führen kann (Schlüter et al., 2018).

Aufbau der Studie, Untersuchungsdesign und Erhebungsinstrumente

Das gesamte Projekt zielt darauf ab, inklusionsbezogene Einstellungen und professionelle Kompetenzen angehender Chemielehrer*innen für einen inklusiven Chemieunterricht zu entwickeln bzw. zu fördern. Dafür wurden im Rahmen einer Voruntersuchung zunächst die konkreten Bedarfe der Studierenden, d.h. ihre Vorerfahrungen, Voraussetzungen und Vorstellungen mit und über inklusiven Chemieunterricht qualitativ ermittelt. In Verbindung mit lernwirksamen Aspekten aus der (sonder-)pädagogischen Literatur (u.a. Rouse, 2008)

[1] Der Inklusionsbegriff wird im Folgenden im Sinne des weiten Inklusionsverständnisses verstanden und bezieht alle Schüler*innen entlang unterschiedlichster Differenzlinien bzw. Heterogenitätsdimensionen mit ein (u.a. Geschlecht, kulturelle oder sprachliche Voraussetzungen, sonderpädagogische Förderbedarfe sowie Begabungen und Talente).

sowie unter Einbezug der fachlichen und fachdidaktischen Anforderungen an den Chemieunterricht wurde in einem weiteren Schritt ein inklusionsorientiertes Seminar entwickelt. Das Seminar beinhaltete verschiedene Elemente zur Förderung des Aufbaus eines theoretischen Reflexionswissens (u.a. Inklusion/ inklusiver Chemieunterricht; Besonderheiten des Unterrichtsfaches Chemie; Handlungsmöglichkeiten für den gemeinsamen Chemieunterricht), eines praktischen Handlungswissens (Gestaltung und Durchführung von konkreten Handlungsmöglichkeiten in multiprofessionellen Teams) und eines selbstreflexiven Wissens (u.a. stete individuelle Auseinandersetzung mit den eigenen Erfahrungen und Einstellungen zum inklusiven Chemieunterricht, Experimentieren im Labor mit verschiedenen Beeinträchtigungen und in unterschiedlichen Rollen) (vgl. auch Rouse, 2008, Schüssler & Schwier, 2014). In dem gesamten Seminar ging es dabei insbesondere um die eigenverantwortliche und aktiv-reflektierende theoretische und praktische Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Grenzen von Inklusion aus Sicht der Studierenden (Selbstreflexion und Selbstwahrnehmung) und aus Sicht des Faches Chemie (fachliche Reflexion chemischer Inhalte).

Das Seminar wurde bereits dreimal an zwei verschiedenen Universitäten im Masterstudiengang durchgeführt ($N_{Masterstudierende}$ = 57) und unter folgenden Forschungsfragen evaluiert:

F1 Inwiefern kann das Seminar die Bedarfe der Studierenden adressieren und trägt so zu ihrer Kompetenzentwicklung bei?

F2 Inwieweit bestärkt das Seminar die Studierenden in ihrem Zutrauen, inklusiven Chemieunterricht zu gestalten, notwendige Kooperationen einzugehen und mit Verhaltensauffälligkeiten umzugehen?

Um das Seminarkonzept sowie die Wirkung auf die Studierenden in vollem Umfang zu erheben, wurde ein Mixed-Methods-Ansatz (Döring, Bortz & Pöschl, 2016) gewählt. Die quantitativen Daten wurden in einem Prätest-Posttest-Design mit Hilfe der deutschen Übersetzungen der SACIE-R- Skala (Skala für Einstellungen, Haltungen und Bedenken zu Inklusiver Pädagogik, 3 Subskalen mit vierstufiger Likert Skala (0-4)) und der TEIP-Skala (Skala zu Lehrer/innenwirksamkeit in Inklusiver Pädagogik; drei Subskalen mit sechsstufiger Likert Skala (0-6): Fähigkeit zur inklusiven Unterrichtsgestaltung, Fähigkeit zur interdisziplinären Kooperation, Fähigkeit zum wirksamen Umgang mit Unterrichtsstörungen) erhoben (Hecht, Niedermair & Feyerer, 2016). Die qualitativen Daten wurden begleitend zur Intervention in Form von Prozessportfolios, die die Studierenden während des gesamten Seminars schrieben, aufgenommen und mit Hilfe der strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet (Mayring, 2015) (vgl. Abb. 1).

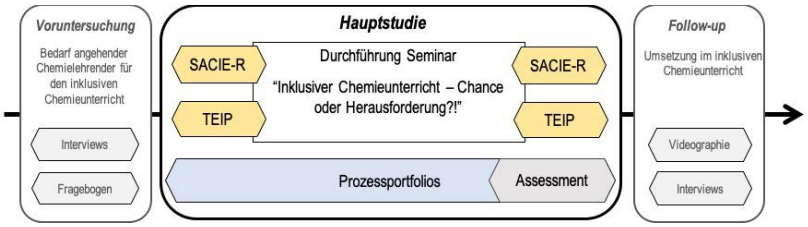


Abb. 1. Untersuchungsdesign

Ausgewählte Ergebnisse

Die qualitative Inhaltsanalyse der Prozessportfolios zeigt, dass die Studierenden grundlegende theoretische Erkenntnisse in Bezug auf die Gestaltung von inklusiven Chemieunterricht erwerben und reflektieren sowie erste praktische Erfahrungen in der Umsetzung von experimentellen inklusiven Chemieunterricht machen konnten. Insbesondere

durch die Selbsterfahrungen im Labor konnten sie sich in ihrer Rolle als Chemielehrer*in inklusionsorientiert (weiter-)entwickeln (vgl. Tab. 1).

Tab. 1. Auszug aus den Prozessportfolios

Kategorien	Ergebnisse (Ankerbeispiele)
K1 **Theoretisches Reflexionswissen**	„Inklusiver Chemieunterricht teilt sich für mich in vier große Aspekte auf: **fachliches Lernen, soziales Lernen, Sicherheit gewährleisten und das Experiment**. [...] Damit soll unterstrichen werden, dass inklusives Lernen durch das Experiment gewährleistet werden kann.“ [MK, 17/19] „Vor allem die **Laborerfahrungen**, in denen ich bewusst eine andere Rolle eingenommen habe, haben mir **Sicherheit und Erkenntnisse über das Experimentieren mit einer Beeinträchtigung** gegeben.“ [CS, 46]
K2 **Praktisches Handlungswissen**	„Das Highlight war für mich, die **praktische Durchführung** unserer geplanten Unterrichtsstunde. [...] Auch wenn wir in unserer Unterrichtsstunde Probleme mit der Durchführung hatten (oder gerade deshalb) konnte ich unheimlich viele wichtige Erfahrungen und Eindrücke sammeln.“ [SE,08]
K3 **Selbstreflexives Wissen**	„Ich fühle mich nun [...] besser auf Inklusion vorbereitet. Ebenso habe ich [...] gemerkt, wie wichtig die **reflektierte Auseinandersetzung mit der eigenen Lehrerrolle** für die Gestaltung von inklusiven CU ist. Ich blicke in den inklusiven CU mit einer **ressourcenorientierten Sichtweise** und sehe mich als Lehrerin, die Heterogenität wertschätzt und berücksichtigt und chancengerecht unterrichtet.“ [CH,32]

Die Prätest-Posttest-Erhebung zu den Einstellungen, Haltungen und Bedenken (SACIE-R-Skala) zeigt für die „Haltungen der Studierenden gegenüber inklusiven Chemieunterricht“ (α=.79), dass diese bereits vor dem Seminar im Schnitt recht positiv/bejahend waren (M=3,02) und durch die Teilnahme am Seminar noch leicht gestiegen sind (M=3,06), aber nicht in einem Ausmaß, dass eine signifikante Verbesserung ihrer Haltungen durch die Intervention festgestellt werden kann (N=42, Z=-0.529, p=.597). Allerdings zeigt sich ein mittelgradiger Effekt im Ausmaß der Verringerung der Bedenken (α=.52) der Studierenden bezüglich eines inklusiven Chemieunterrichts (N=42, $M_{prä}$=2.87, M_{post}=2,60, Z=-2.816, p=.005, r=0.307).
Die Prätest-Posttest-Erhebung in Bezug auf das Zutrauen der Studierenden (TEIP-Skala) zeigt, dass sich das Zutrauen der Studierenden in die eigenen Fähigkeiten zur Gestaltung eines inklusiven Chemieunterrichts (α=.71) ebenso statistisch signifikant verbessert hat (N=39, $M_{prä}$=4,44, M_{post}=4,71, t=-3.560, p<.001, d=0.51) wie ihr Zutrauen in die Fähigkeit zur interdisziplinären Kooperation (α=.88) (N=39, $M_{prä}$=4,17, M_{post}=4,58, t=-3.481, p<.001, d=0.56).

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Studierenden durch ihre Teilnahme an dem Seminar neue Herangehensweisen an die Gestaltung und Durchführung von inklusiven Chemieunterricht erwerben und ihre Sichtweise auf inklusiven Chemieunterricht und ihre eigene Lehrerrolle positiv verändern konnten (vgl. auch Schlüter et al., 2018, Schlüter & Melle, 2018). Auf Grund der kleinen Stichprobengröße müssen die quantitativen Daten zurückhaltend interpretiert werden und in der Folge verstärkt mit den Ergebnissen aus den qualitativen Daten verzahnt werden, um die tatsächliche Wirksamkeit des Seminars bzw. einzelner Seminarbausteine herausstellen zu können. Wenngleich sich die Studierenden im Rahmen des Seminars intensiv mit den fachspezifischen Herausforderungen von inklusiven Chemieunterricht auseinandersetzen konnten, bleibt insbesondere die handlungsbezogene Kompetenzentwicklung im Schonraum, sodass es weiterführend zu evaluieren ist, ob und wie nachhaltig die an der Hochschule entwickelten Kompetenzen und Einstellungen von den Studierenden in der realen, alltäglichen Situation des inklusiven Chemieunterrichts langfristig umgesetzt werden.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. N.L. Yates (Ed.), New Developments in Science Education Research. Hauppauge: Nova science publisher, 77-95

Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S. & Melle, I. (2018). Verbrennungen – Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. Chemkon, 25 (4), 160-170

Booth, T. & Ainscow, M. (2002). Index for Inclusion: developing learning and participation in schools. http://www.eenet.org.uk/resources/docs/Index%20English.pdf (letzter Zugriff am 09.05.2017)

Döring, N., Bortz, J. & Pöschl, S. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin: Springer

Florian, L. & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring Inclusive Pedagogy. British Educational Research Journal, (37) 5, 813-828

Forlin, C. (2001). Inclusion: Identifying Potential Stressors for Regular ClassTeachers. Educational Research, 43 (3), 235-245

Gavish, B. (2017). Four profiles of inclusive supportive teachers: Perceptions of their status and role in implementing inclusion of students with special needs in general classrooms. Teaching and Teacher Education, 61, 37-46

Hecht, P., Niedermair, C. & Feyerer, E. (2016). Einstellungen und inklusionsbezogene Selbstwirksamkeitsüberzeugungen von Lehramtsstudierenden und Lehrpersonen im Berufseinstieg – Messverfahren und Befunde aus einem Mixed-Methods-Design. Empirische Sonderpädagogik, 1, 86-102

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim Basel: Beltz

Rouse, M. (2008). Developing Inclusive Practice: A Role for Teachers and Teacher Education?. Education in the North, 16, 6-11

Schlüter, A.-K., Krabbe, C., Melle, I., Krause, K., Wember, F. B., Grimminger-Seidensticker, E., Lautenbach, F., Heberle, K. & Kranefeld, U. (2018). Universitäre Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf inklusiven Unterricht – Seminarkonzeptionen zur Professionalisierung für inklusiven Fachunterricht. Zeitschrift für Heilpädagogik, 69, 582-595

Schlüter, A.-K. & Melle, I. (2018). Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen inklusiven Unterricht. C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Regensburg: Universität Regensburg, 206-209

Schüssler, R. & Schwier, V. u.a. (2014). Das Praxissemester im Lehramtsstudium: Forschen, Unterrichten, Reflektieren. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt

UNESCO (2005). Guidelines for Inclusion: Ensuring Access to Education for All. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001402/140224e.pdf (letzter Zugriff am 16.12.2016)

Sarah Brauns
Daniela Egger
Katja Sellin
Simone Abels

Leuphana Universität Lüneburg

Videobasierte Kompetenzforschung im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht

In dem vom BMBF geförderten Projekt Nawi-In (Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten)[1] gehen wir der Frage nach, welche professionelle Kompetenzentwicklung sich bei Masterstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht feststellen lässt. Dafür erwerben die Studierenden der Fächer Sachunterricht (Primarstufe) und Biologie bzw. Chemie (Sekundarstufe I) in einem Vorbereitungsseminar zur Praxisphase (einsemestriges Praktikum in der Schule) theoretische Grundlagen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. Anhand von Fremdvideovignetten wird ihre Unterrichtswahrnehmung geschult. Während der Praxisphase führen sie eigenen Unterricht durch, videografieren diesen zweimal und reflektieren die Entwicklung im Anschluss. Insgesamt werden zu verschiedenen Messzeitpunkten sowohl Fremdvideos, als auch Eigenvideos der Studierenden eingesetzt, um die Reflexionen der Studierenden zu stimulieren. Durch den Einsatz der Videografie wird das Unterrichtshandeln der Lehramtsstudierenden sichtbar und der Eigen- und Fremdreflexion zugänglich gemacht. Dadurch, dass die Reflexionen und das Unterrichtshandeln der Studierenden in Beziehung zueinander gesetzt werden, kann auf eine Kompetenzentwicklung der Studierenden geschlossen werden. Studien zeigen, dass der Einsatz von Videos auf Studierende motivierend und lernförderlich wirkt (Hoeks, 2011, Seidel et al., 2011) und dadurch die Kompetenzentwicklung für die fachdidaktische Forschung erfassbar wird (Riegel, 2013).

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht

Der inklusive naturwissenschaftliche Unterricht muss sowohl von den spezifischen Aspekten naturwissenschaftlichen Unterrichts (z.B. Ziel der Erkenntnisgewinnung, Experimente, Phänomene, Schüler*innenvorstellungen, …), als auch von den Gelingensbedingungen inklusiven Unterrichts (Wertschätzung von Diversität, Minimierung von Barrieren, Ermöglichung von Partizipation) aus zusammengedacht werden (Stinken-Rösner et al., eingereicht). Menthe et al. (2017) bringen die inklusive und die naturwissenschaftliche Perspektive zusammen und formulieren folgende Definition eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts:

> „Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht.“ (Menthe et al., 2017, S. 801)

Diese Definition beschreibt ein weites Verständnis von Inklusion im Rahmen der Naturwissenschaftsdidaktik (vgl. Werning, 2014). Es manifestiert sich allerdings die Herausforderung, eine inklusionspädagogische Definition fachbezogen zu formulieren, da „fachspezifisch“ und „naturwissenschaftliche Grundbildung“ gegen jedes andere Fach ausgetauscht werden könnten. Die Kombination aus inklusiv und naturwissenschaftlich muss erst inhaltlich gefüllt werden, damit Definitionen, Zielstellungen u.ä, nicht mehr durch andere Fachdisziplinen austauschbar sind. Ein Ansatz, um das Inklusiv-Naturwissenschaftliche

[1] Förderkennzeichen 01NV1731, Laufzeit 04.2018-03.2021

herauszustellen und inkonvertibel zu formulieren, bildet die Charakteristika des Naturwissenschaftsunterrichts ab (z.B. Experimente planen, Phänomene erklären), die inklusiv gestaltet werden (z.B. Phänomene über die Adressierung verschiedener Sinne erfahrbar machen). Sie bieten den Orientierungsrahmen der methodischen Gestaltung zur Analyse der Kompetenzentwicklung der Studierenden bzgl. inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Datenerhebung

Im Wesentlichen beinhaltet das methodische Vorgehen mit Videos drei zentrale Elemente zur Erhebung unserer Daten: Video-Stimulated Reflections (VSRef), Video-Stimulated Recalls (VSR) und Unterrichtsvideos der Studierenden (s. Abb. 1).

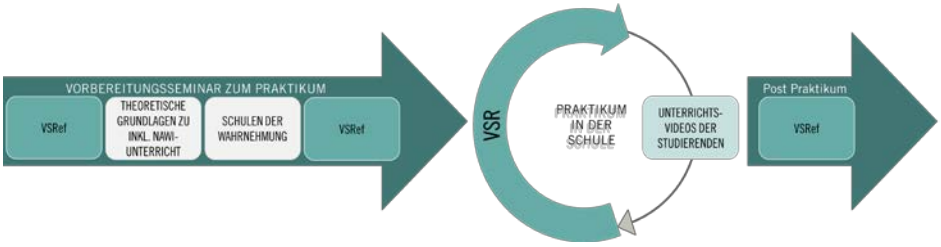


Abb. 1: Flussdiagramm des methodischen Vorgehens (VSRef=Video-stimulated Reflection, VSR=Video-stimulated Recall)

Bei den *Video-Stimulated Reflections (VSRef)* und *Video-Stimulated Recalls (VSR)* werden Ausschnitte von Unterrichtsvideos gezielt eingesetzt, damit die Studierenden mithilfe eines gemeinsamen Stimulus – einer Videovignette – ihre Gedanken zu Unterrichtshandlungen auf den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht fokussieren können (Moyles et al., 2003; Powell, 2005). Zur VSRef wird den Studierenden ein fünfminütiger Zusammenschnitt einer fremden inklusiv gestalteten Naturwissenschaftsstunde zum Thema ‚Löslichkeit' gezeigt, um einen Stimulus zur Reflexion zu setzen. Insgesamt werden die VSRef jeweils einmal vor und nach dem Vorbereitungsseminar sowie nach der Praxisphase durchgeführt (s. Abb. 1) sowie audiografiert.

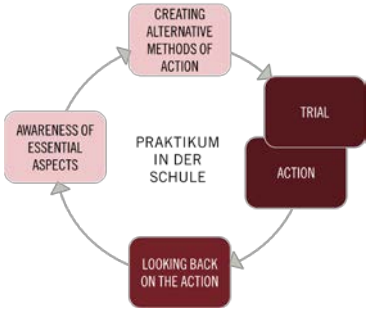


Abb. 2: Reflexionskreislauf (Korthagen, 2010)

Bei den VSR bilden die Videoausschnitte des eigenen Unterrichts der Studierenden deren Reflexionsgrundlage. Den eigenen Unterricht führen die Studierenden während der Praxisphase insgesamt zweimal durch und durchlaufen dabei den Reflexionskreislauf von Korthagen (2010) (s. Abb. 2). Dabei führen die Studierenden den eigens gestalteten inklusiv naturwissenschaftlichen Unterricht durch, blicken mittels Video zurück auf ihre Unterrichtshandlungen, sollen inklusive und exklusive Momente wahrnehmen, reflektieren

diese und generieren Handlungsalternativen (Korthagen, 2010). Mithilfe der VSR sollen sie sich an ihre eigenen Unterrichtshandlungen erinnern (Powell, 2005).
Strukturiert werden die Reflexionen der Studierenden bei den VSR und VSRef mittels Leitfragen, die zunächst als Impuls im Dreischritt (Beschreibung, Interpretation, Generieren von Handlungsalternativen) aufgebaut sind (Seidel et al., 2005; Gold et al., 2016), bevor gezielt nach Kompetenzen und Wissen zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht gefragt wird (z.B. Was an dieser Szene ist charakteristisch für den naturwissenschaftlichen Unterricht und wie wird dies inklusiv bzw. exklusiv gestaltet? Was verstehen Sie unter inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht? Können Sie Ihre Definition und die Videoszene miteinander in Beziehung setzen?).

Datenauswertung
Alle audiografierten VSRef sowie VSR werden transkribiert und anschließend mittels Qualitativer Inhaltsanalyse deduktiv ausgewertet (Kuckartz, 2016). Für die inhaltliche Analyse wird deshalb ein Raster aufgestellt, das die Kombination aus inklusiven und naturwissenschaftsbezogenen Kategorien und Codes abbildet.
Zunächst wird untersucht, welche Szenen die Studierenden als sowohl naturwissenschaftlich identifizieren, als auch gleichzeitig inklusiv bzw. exklusiv wahrnehmen. Im zweiten Schritt wird differenziert, wie sie ihre Wahrnehmung begründen. Da die Videos als Stimuli eingesetzt werden, wird ebenfalls analysiert, welche weiteren inklusiv naturwissenschaftlichen Aspekte die Studierenden ansprechen und theoriebasiert konstituieren.
Die Unterrichtsvideos der Studierenden werden ausschnittsweise ebenso mit dem gleichen Analyseraster mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse deduktiv ausgewertet (Kuckartz, 2016). Zur Analyse der Kompetenzentwicklung der Studierenden werden die Ergebnisse der VSRef, VSR und Unterrichtsvideos in Beziehung zueinander gesetzt.

Diskussion
In dem Projekt Nawi-In werden Videos für unterschiedliche Ziele eingesetzt: zur Stimulation von Reflexionen, zur Fremd- und Eigenreflexion, und zur Analyse des Unterrichtshandelns der Studierenden. Bei allen Zielen liegt der Fokus auf dem inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, was an bestimmten Stellen Herausforderungen mit sich bringt.
Zunächst einmal geht es darum zu identifizieren, welche Bedingungen und Kompetenzen zur gelingenden Umsetzung inklusivem naturwissenschaftlichen Unterrichts beitragen. Erst wenn diese Gelingensbedingungen in einem Raster zusammengetragen sind, kann ein Orientierungsrahmen für die Auswahl der Videoausschnitte und der Auswertung der Reflexionen und Unterrichtsvideos entstehen (Egger et al., angenommen). Empfehlungen für die Auswahl von Videoausschnitten, wie z. B. dass diese authentisch sein sollten (Reusser, 2005), sind für den Fokus auf den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht noch nicht ausreichend. Um fachbezogene inklusive und exklusive Momente auswählen zu können, sind zusätzliche Kriterien notwendig.
Mit Hilfe von Leitfragen sollen die Reflexionen der Studierenden auf inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht fokussiert werden. Werden die Fragen offener gestellt, bewegen sich die Antworten der Studierenden im allgemeinpädagogischen Feld. Werden die Leitfragen enger am Raster geführt, könnte unter Umständen eine soziale Erwünschtheit erzeugt werden. Dieses Verhältnis gilt es abzuwägen, um die Reflexionen der Studierenden in Hinblick auf den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu strukturieren und dabei die Antworten der Studierenden so unbeeinflusst wie möglich zu lassen.

Literatur

Egger, D.; Brauns, S.; Sellin, K.; Barth, M.; Abels, S. (2019). Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, *Journal für Psychologie*, (angenommen).

Fink, A. (2009). Conducting Research Literature Reviews – From the Internet to Paper. California: SAGE Publications.

Gold, B.; Hellermann, C.; Hologynski, M. (2016). Professionelle Wahrnehmung von Klassenführung – Vergleich von zwei videobasierten Erfassungsmethoden. In K. Schwippert & D. Prinz (Hrsg.), *Der Forschung – Der Lehre – Der Bildung: Aktuelle Entwicklungen der Empirischen Bildungsforschung.* Münster: Waxmann, S. 103-118.

Hoeks, Marrit. (2011). Lernen mit einem Videoportfolio in der Lehrerausbildung. *Fremdsprache Deutsch,* 45, S. 53–56.

Korthagen, F. (2010). How teacher education can make a difference',. *Journal of Education for Teaching*, 4, S. 407-423.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 3., überarbeitete Auflage).

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016*, Universität Regensburg, S. 800–803.

Moyles, J., Adams, S., & Musgrove, A. (2002). Using Reflective Dialogues as a Tool for Engaging with Challenges of Defining Effective Pedagogy, *Early Child development and Care*, S. 463-478.

Powell, E. (2005). Conceptualising and facilitating active learning: teachers' video-stimulated reflective dialogues. *Reflective Practice: International and Multidisciplinary Perspectives*, 6:3, S. 407-418.

Reusser, K. (2005). Situiertes Lernen mit Unterrichtsvideos – Unterrichtsvideografie als Medium des situierten beruflichen Lernens. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung,* 2, S. 8-18.

Riegel, U., & Klaas, M. (2013). *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken*. *Fachdidaktische Forschungen: Vol. 4*. Münster, München [u.a.]: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M., & Kobarg, M. (2005). *How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study*. Münster: Waxmann.

Seidel, Tina, Kathleen Stürmer, Geraldine Blomberg, Mareike Kobarg und Katharina Schwindt. 2011. „Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others?" *Teaching and Teacher Education* 27, S. 259–267.

Stinken-Rösner, L.; Rott, L.; Hundertmark, S.; Baumann, T.; Menthe, J.; Hoffmann, T.; Nehring, A. & Abels, S. (2019). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives, *Inclusive Pedagogy and Science Education*, (submitted).

Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *14*, S. 601–623.

Vanessa Seremet[1]
Robin Schildknecht[1]
Sarah Hundertmark[2]
Xiaokang Sun[2]
Jaar Boskany[2]
Alexander Kauertz[1]
Sandra Nitz[1]
Andreas Nehring[2]
Bettina Lindmeier[2]
Christian Lindmeier[3]

[1]Universität Koblenz-Landau
[2]Leibniz Universität Hannover
[3]Martin-Luther-Universität-Halle-Wittenberg

Gestaltung inklusiver Lerngelegenheiten durch Kooperation

Theoretischer Hintergrund

Gemäß der UN-Behindertenrechtskonvention von 2009 sollen Lehr-Lernprozesse von Lernenden mit jeweils unterschiedlichen Lern- und Leistungsvoraussetzungen gemeinsam gestaltet werden. Daraus entstehen neue Herausforderungen für die Ausbildung angehender Lehrkräfte (Laubner & Lindmeier, 2016). Diese werden in den diagnostischen Kompetenzen, der Fähigkeit zur Gestaltung gemeinsamer, adaptiver Lernprozesse und damit ganz allgemein in der fachwissenschaftlichen und -didaktischen Ausbildung von Studierenden der Sonderpädagogik, der sonderpädagogischen Ausbildung von Studierenden des Regelschullehramtes, sowie deren multiprofessionellen Zusammenarbeit gesehen (Heinrich, Urban & Werning, 2013; B. Lindmeier, 2013, 2015; Weishaupt, 2015).

In einem naturwissenschaftlichen inklusiven Fachunterricht müssen Schülervorstellungen, Lernpotentiale aber auch Barrieren für das (fachliche) Lernen identifiziert werden. Darauf aufbauend sollen adäquate Lernangebote geplant und umgesetzt werden, welche zudem verschiedene fachgerechte Zugänge zum Lerngegenstand ermöglichen (vgl. z.B. Feuser, 1989). Die Identifikation von Schülervorstellungen und die Entwicklung fachgerechter Zugänge kann dabei vor allem durch die Regelschullehrkraft erfolgen, während die Identifikation von Lernpotentialen und die Reduktion von Barrieren im Expertisebereich der Sonderpädagoginnen und Sonderpädagogen liegt. Eine multiprofessionelle Kooperation beider Expertisen wird demnach in der Schulpraxis angestrebt, wodurch beide Kooperationspartner ihre spezifischen Kompetenzen einbringen, sich ergänzen und weiterentwickeln können. Durch einen erfolgreichen Kooperationsprozess kann die Herausforderung eines naturwissenschaftlichen inklusiven Fachunterrichts, die sich bereits im aktuellen Schulalltag stellt und bislang nicht bewältigt wird (Menthe & Hoffmann, 2015), gemeistert werden (McGinnis & Stefanich, 2007). Eine erfolgreiche multiprofessionelle Kooperation gilt demnach als zentrale Gelingensbedingung für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (C. Lindmeier, 2013). Grundlage für eine multiprofessionelle Kooperation ist zum einen die erfolgreiche Gestaltung von Kommunikationsprozessen, und zum anderen darauf aufbauend die zielführende, situationsgerechte Einbindung beider Expertisen. Ziel der Kommunikationsprozesse ist es, dass beide Kooperationspartner auf der Grundlage ihrer gemeinsamen Kommunikation begründet Entscheidungen treffen und Problemlösungen entwickeln und umsetzen. Dabei spielt die Perspektivübernahme, d.h. die Antizipation einer fremden Perspektiven, aber auch die Adaption der eigenen Kommunikation an den Kommunikationspartner, eine entscheidende Rolle (Bromme, Jucks & Rambow, 2003). Bromme, Jucks und Rambow (2003) beziehen sich in ihrem Trainingsprogramm zur Wissenskommunikation über Fächergrenzen auf das Modell des *Common grounds* und formulieren damit die

Notwendigkeit einer gemeinsamen Wissensbasis der Kooperationspartner (Clark & Brennan, 1991).
Zahlreiche Studien bestätigen jedoch, dass die Wissenskomponenten der professionellen Handlungskompetenz, welche zum Aufbau einer gemeinsamen Wissensbasis der Kooperationspartner und damit zur erfolgreichen Bewältigung von inklusionsspezifischen Anforderungssituationen notwendig sind, nicht zufriedenstellend ausgeprägt sind (Franz, 2014; Moser, Schäfer & Kropp, 2014; Male, 2011). Daraus resultieren wiederum Probleme bei der Umsetzung bestehender, evidenzbasierter Einzelmaßnahmen im Unterricht (Gable et al., 2012), aber auch grundlegend bei der multiprofessionellen Kooperation von Regelschul- und Lehrkräften der Sonderpädagogik (B. Lindmeier & Beyer, 2011a, 2011b).

Forschungsfragen

Aus der beschriebenen Forschungslage ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Welche domänenspezifischen (naturwissenschaftsspezifischen und sonderpädagogischen) Kompetenzen werden für eine Gestaltung inklusiver naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse benötigt und wie lassen sich diese zuverlässig erfassen?
- Inwiefern trägt der Erwerb domänenspezifischer Kompetenzen zur multiprofessionell-kooperativen Gestaltung inklusiver naturwissenschaftlicher Lerh-Lern-Prozesse bei?
- Welche Ansätze zu inklusionsbezogenen inhaltlichen Anforderungen an die Lehrerbildung lassen sich aus dem modularisierten Seminarkonzept ableiten?

Design und Methoden

Zur Modellierung der domänenspezifischen Kompetenzen wurde in Anlehnung an das *PID-Modell* (Abbildung 1) von Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015) ein vernetzendes Kompetenzmodell mit fachlich bzw. fachdidaktischen und sonderpädagogischen Komponenten entwickelt. Diese Komponenten werden jeweils auf einer individuellen und einer kooperativen Ebene berücksichtig (siehe Abb.1). Die kooperative Ebene ist dabei vor allem mit Blick auf die anzustrebende multiprofessionelle Kooperation in der Schulpraxis relevant.

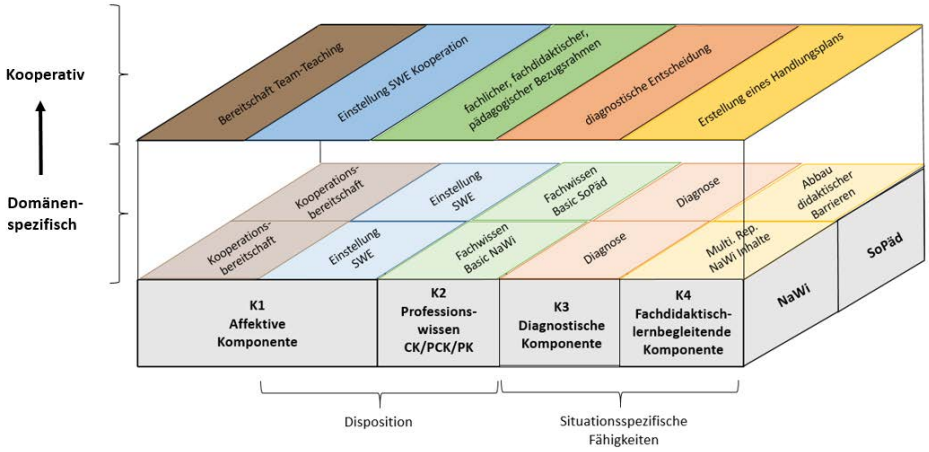


Abb. 1: Kompetenzmodell multiprofessioneller Handlungskompetenz

Die Komponente K1 stellt die motivational-affektiven Komponente (z.B. Einstellung zu Inklusion und Naturwissenschaften, Kooperationsbereitschaft) dar, während K2 die Wissensdispositionen (z.B. Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, sonderpädagogisches

Wissen) mit denen die Studierenden in eine Situation kommen, darstellt. Die situationsspezifischen Fähigkeiten, welche durch die Dispositionen beeinflusst werden, werden in der Komponente 3 aufgegriffen. Darin enthalten sind die Fähigkeiten *Perception* und *Interpretation* einer Situation, d.h. an dieser Stelle wird der Diagnoseauftrag geleistet. Die Fähigkeit des *Decision-making* im PID-Modell, d.h. einen begründeten Handlungsplan zur Unterstützung von Lernprozessen zu entwickeln, findet sich in der Komponente 4 des Modells wieder. Diese Kompetenzstruktur bildet die Grundlage für die summative Erfassung der Kompetenzstände der Studierenden, welche Hinweise auf die Förderung relevanter Kompetenzen liefern kann.

Zur Förderung der modellierten Kompetenzen wurde in dem vom BMBF-geförderten Verbundprojekt *GeLernt* ein modularisiertes Seminarkonzept entwickelt. Dieses wird im Rahmen einer Lehrveranstaltung mit Studierenden an den Standorten der Leibniz Universität Hannover und der Universität Koblenz-Landau durchgeführt. Es werden, aggregiert über zwei Kohorten, insgesamt 180 Masterstudierende des Regelschullehramtes mit naturwissenschaftlichem Fach (Biologie, Chemie, Physik) und Masterstudierende des Förderschullehramtes teilnehmen. Ziel des Seminars ist es, die Einstellungen in Bezug auf kooperatives Unterrichten und zur Inklusion zu fördern, die Auseinandersetzung mit fachimmanentem Wissen der Disziplinen herbeizuführen, die Kompetenzen zur Diagnose individueller Lernausgangslagen von Lernenden anhand von Videovignetten zu entwickeln und die kooperative Gestaltung adaptiver Lernprozesse nach dem Prinzip des *Universal Design for Learning* (UDL) zu fördern.

Das Seminarkonzept besteht aus insgesamt fünf Modulen, wobei für jedes Modul zwei bis vier Seminarsitzungen aufgewendet werden. Die erste und die letzte Seminarsitzung dienen jeweils zur Erhebung der Kompetenzstände der Studierenden, um das Seminar summativ zu evaluieren. Außerdem wird das Seminar formativ evaluiert, wozu Lerntagebücher und Arbeitsprodukte der Lernenden sowie Audiodokumentationen der Kooperationsprozesse herangezogen werden.

In Modul 1: *Kommunikation und Kooperation* sollen die Studierenden die Relevanz und Notwendigkeit eines gemeinsamen Lernens und Unterrichthandelns erkennen. Weiterhin werden die unterschiedlichen Rollen und Rollenbilder der Lehrkräfte (NaWi und Sopäd), typische Probleme, aber auch Möglichkeiten gelingender multiprofessioneller Kooperation aufgezeigt. Auf Grundlage dieser Erkenntnis werden permanente multiprofessionelle Studierendentandems für das Seminar zusammengestellt.

Grundlegende Fachinhalte der Naturwissenschaftsdidaktiken, sowie der Sonderpädagogik sollen in Modul 2: *Fachwissen* zunächst in Expertengruppen erarbeitet und anschließend dem Tandempartner aus der anderen Fachrichtung vermittelt werden.

In Modul 3: *UDL* lernen die Studierenden die Prinzipien und Richtlinien von UDL kennen, welche einen Orientierungsrahmen für die Planung von Unterricht anbietet mit dem Ziel Barrieren zu reduzieren und Flexibilität und Wahlmöglichkeiten für alle SuS zu bieten.

In Modul 4: *Entwicklung und Reflexion* sollen die Studierenden auf Grundlage ihrer gemeinsamen Diagnose einer Experimentiersituation von Lernenden, adäquate Unterstützungsformen in Form von Lernangeboten entwickeln. Dies setzt eine inhaltliche Begründung der gewählten Unterstützungsmethode voraus. Im Anschluss reflektieren die Studierenden die entwickelten Lernangebote in Bezug auf die im Seminar erarbeiteten Kriterien.

Ausblick

Das Seminar wurde in einer ersten Pilotierung mit insgesamt 65 Studierenden durchgeführt. Die eingesetzten Testinstrumente zeigten dabei zufriedenstellende Reliabilitäten (α= .69 bis .89). Das Seminarkonzept sowie die eingesetzten Testinstrumente werden nach dieser Pilotierung überarbeitet, um sie in den Haupterhebungen im WiSe 19/20 und im SoSe 20 erneut einzusetzen.

Literatur

Blömeke, S.; Gustafsson, J.E. & R. Shavelson (2015). Beyond dichitomies. Viewing competence as a continuum In: Zeitschrift für Psychologie 223 (1), 3-13. http://dx.doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Bromme, R., Jucks, R., & Rambow, R. (2003). Wissenskommunikation über Fächergrenzen: Ein Trainingsprogramm. In: Wirtschaftspsychologie, 5(3), 94-102.

Clark, H. H. & Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), Perspectives on socially shared cognition (pp. 127–149). Washington, DC: American Psychological Association.

Feuser, G. (1989): Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. In: Behindertenpädagogik 28, S.4-48.

Franz, E.-K. (2014). Entwicklungsaufgaben der Lehrerprofessionalisierung im Kontext von Inklusion (ProfI). In: Trumpa, S. et al. (Hrsg.): Inklusive Bildung. Erkenntnisse und Konzepte aus Fachdidaktik und Sonderpädagogik. Weinheim, Basel: Beltz Juventa, 122-136.

Gable, R. A., Tonelson, S. W., Sheth, M., Wilson, C. & Park, K. L. (2012). Importance, usage, and preparedness to implement evidence-based practices for students with emotional disabilities: a comparison of knowledge and skills of special education and general education teachers. In: Education & Treatment of Children, 35, 499-519. http://dx.doi.org/10.1353/etc.2012.003

Heinrich, M., Urban, M. & Werning, R. (2013). Grundlagen, Handlungsstrategien und Forschungsperspektiven für die Ausbildung und Professionalisierung von Fachkräften für inklusive Schulen. In: Döbert, H.; Weishaupt, H. (Hrsg.): Inklusive Bildung professionell gestalten. Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann, 69-133.

Laubner, M. & Lindmeier, C. (2016). Forschung zur inklusionsorientierten Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Deutschland. Eine Übersicht über die neueren, empirischen Studien der ersten, universitären Phase. In: Lindmeier, C.; Weiß, H. (Hrsg.): Pädagogische Professionalität im Spannungsfeld von sonderpädagogischer Förderung und inklusiver Bildung. 1. Beiheft zur Zeitschrift Sonderpädagogische Förderung heute. Weinheim: BELTZJuventa 2016, 154-201.

Lindmeier, B. (2013). Professionelles Handeln im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In: Ackermann, K. E. / Musenberg, O. / Riegert, J. (Hrsg.): Geistigbehindertenpädagogik!? Disziplin – Profession – Inklusion. Oberhausen: Athena, 291-313.

Lindmeier, B. & Beyer, T. (2011a). „Es hat ja nicht nur sein Positives, dass er in der Mathestunde bei uns ist, denn er stört uns.“ Evaluation eines Kooperationsprojektes einer Förderschule mit dem Schwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung und einer Grundschule. In: Sonderpädagogik in Niedersachsen (3), 10-25.

Lindmeier, B. & Beyer, T. (2011b). Kooperation von Lehrkräften in verschiedenen Formen schulischer Integration. In: Sonderpädagogische Förderung heute 56, 396-413

Lindmeier, C. (2013). Aktuelle Empfehlungen für eine inklusionsorientierte Lehrerbildung – ein Kommentar. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 64, 180-193.

Male, D. B. (2011). The impact of a professional development programme on teachers' attitudes towards inclusion. In: Support for Learning. 26 (4). 182–186. http://doi.org/10.1111/j.14679604.2011.01500.x

McGinnis, J. R, & Stefanich, G. (2007). Special needs and talents in science learning. In S. K. Abell and N. G. Lederman (Hrsg.). The handbook of research in science education. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Press, 287-318.

Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Rott, L. (2015): Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht, In: O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (S. 158-164). Stuttgart: Kohlhammer. ISBN: 978-3-17-025203-5.

Moser, V.; Schäfer, L. & A. Kropp (2014). Kompetenzbereiche von Lehrkräften in inklusiven Settings. In: Lichtblau, M.; Blömer, A.-K.; Jüttner, K.; Koch, M. Krüger, M. & R. Werning (Hrsg.): Forschung zu inklusiver Bildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 124-143.

Weishaupt, H. (2015). Aus-, Fort- und Weiterbildung für ein Schulwesen auf dem Weg zur inklusiven Schule. Schriftliche Fassung eines Vortrags auf dem Bundeskongress des Verbands Sonderpädagogik e. V. am 27. Juni 2014 in Würzburg. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 66, 216-229.

Melanie Schaller Universität Vechta
Michael Ewig Universität Vechta

Effektivität von Texten in Leichter Sprache im Biologieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Am Biologieunterricht an Schulen in Deutschland und Europa nimmt aufgrund von Inklusion und Migration sowie Flucht eine sprachlich-heterogene Schülerschaft teil – und ist dort mit fachsprachlichen Herausforderungen konfrontiert. Inklusion wiederum zielt auf die Senkung von Barrieren ab, auch solcher, die in Texten zu finden sind. Das Konzept der ‚Leichten Sprache' setzt sich genau dies zum Ziel und adressiert Menschen, die „mit einem ausgangssprachlichen Text nicht zurechtkommen und die darum in der konkreten Situation lieber [eine] „leichtere" benutzen [wollen würden]" (Maaß, 2015), so z. B. Menschen mit einer kognitiv-sensorischen Behinderung, aber auch Migranten/-innen. Es fällt auf, dass die Modifikation von Texten entsprechend dem Konzept der Leichten Sprache auf zahlreiche sprachliche Herausforderungen eingeht, die naturwissenschaftliche Fachsprachtexte bereiten können (Bickes, 2016; Beese et al., 2017; Schmellentin et al., 2017).

Fragestellungen

Folgenden Fragestellungen wird im Rahmen der vorgestellten Untersuchung nachgegangen:

- Können durch – nach den Regeln der Leichten Sprache – modifizierte Lehrbuchtexte die gleichen fachwissenschaftlichen Kompetenzen im Biologieunterricht aufgebaut werden wie durch originalsprachliche Lehrbuchtexte?
- Wie bewerten Lehrkräfte der Biologie und deren Schüler/-innen Lehrbuchtexte in Leichter Sprache vor und nach einer Intervention mit Einsatz von Leichter Sprache?

Studiendesign und Methodik

Der Aufbau der Studie entspricht einem Prä-Post-Test-Design mit Einsatz von qualitativen und quantitativen Methoden. Die Intervention im Biologieunterricht besteht aus sechs Schulstunden mit Einsatz von Unterrichtstexten in Leichter Sprache (in den Versuchsgruppen) bzw. in Originalsprache (in den Kontrollgruppen).

Bezüglich der ersten Forschungsfrage kommt ein Wissenstest mit halboffenen und offenen Aufgabenformaten vor und nach der Intervention im Biologieunterricht zum Einsatz. Zuvor bearbeiten die Schüler/-innen jeweils einen C-Test (Raatz, 2019), um das allgemeine Sprachniveau feststellen zu können, so dass die Ergebnisse des Wissenstests mit dem Sprachniveau der Schüler/-innen und dem Einfluss der Intervention in Beziehung gesetzt werden können. Für die Auswertung der Wissenstests werden Summenscores gebildet und der Wissenszuwachs wird aus der Differenz der Ergebnisse von Prä- und Posttest berechnet. Die Auswertung erfolgte für die Pilotstudie nach dem Wilcoxon-Test für die Feststellung des Wissenszuwachses in den jeweiligen Gruppen zwischen Prä- und Posttest und dem Mann-Whitney-U-Test für die Gruppenvergleiche bezüglich des Wissenszuwachses.

Zur Bearbeitung der zweiten Fragestellung wird ein Fragebogen mit einem Textbeispiel zur Einstellung der Lernenden gegenüber Leichter Sprache vor und nach der Intervention eingesetzt, um eine eventuelle Einstellungsveränderung nach der Auseinandersetzung mit biologischen Unterrichtstexten in Leichter Sprache festzustellen. Um die Einstellung der Lehrenden bzgl. des Einsatzes von Leichter Sprache zu ermitteln, werden vor und nach der Intervention leitfadengestützte Interviews mit diesen geführt.

Zusätzlich werden die Lehrkräfte gebeten, während der Unterrichtsintervention Beobachtungen (z. B. Äußerungen von Schüler/-innen hinsichtlich der Texte) in einem Beobachtungsprotokoll festzuhalten. Diese qualitativen Daten werden mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2010).

Die Pilotstudie umfasste insgesamt drei Schulklassen des fünften Jahrgangs aus zwei Oberschulen in Niedersachsen (n = 69 Schüler/-innen, davon 18 Schüler/-innen mit vermuteten oder tatsächlich gegebenem Sprachförderbedarf). Sie umfasst zwei Versuchsgruppen und eine Kontrollgruppe. Die Hauptstudie wird voraussichtlich ca. 180 Schüler/-innen umfassen, die jeweils zur Hälfte in Versuchsgruppe und Kontrollgruppe aufgeteilt werden.

Erste Ergebnisse aus der Pilotstudie

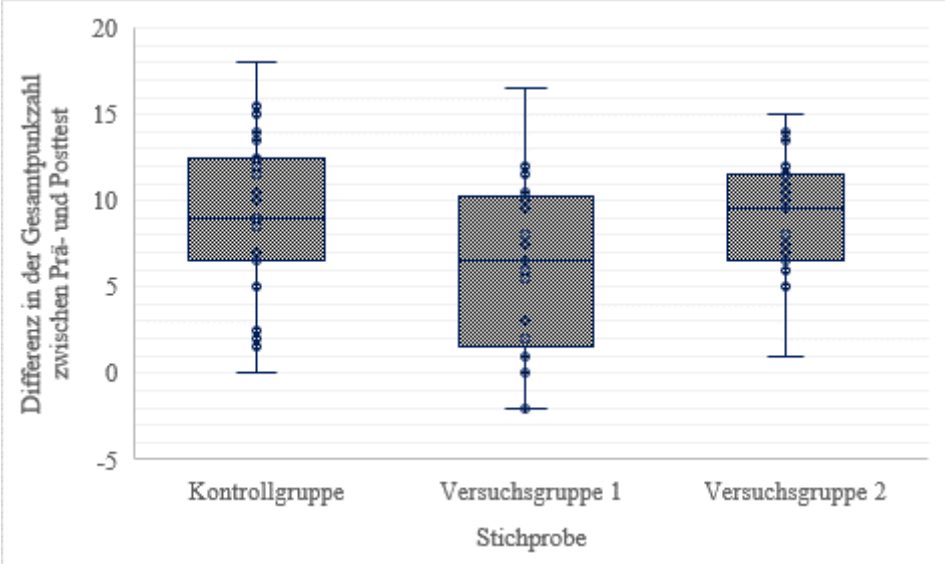


Abb. 1: Wissenszuwachs im Zuge einer Intervention mit Texten in Leichter Sprache im Biologieunterricht (Vergleich zwischen Kontrollgruppe, Versuchsgruppe 1 und 2)

Bezüglich des Wissenszuwachses ergab sich für alle Gruppen der Pilotstudie (Kontrollgruppe, Versuchsgruppe 1 und 2) ein signifikanter Wissenszuwachs im Zuge der Intervention. Auffällig war das niedrigere Wissensniveau der Kontrollgruppe im Prätest im Vergleich zu Versuchsgruppe 2. Der Wissenszuwachs war in der Kontrollgruppe signifikant höher als in Versuchsgruppe 1 ($p = .036$*), aber leicht geringer als bei Versuchsgruppe 2 (p = n.s.) (Abb. 1). Daraus resultierend könnte die erste Vermutung aufgestellt werden, dass der Einsatz von Texten in Leichter Sprache weder einen starken negativen noch einen starken positiven Effekt hat. Weitere Testungen mit einer größeren Stichprobe sind für die Beantwortung der entsprechenden Forschungsfrage nötig.

Hinsichtlich der Bewertung der Eigenschaften von Leichter Sprache durch die Schüler/-innen kann bisher festgehalten werden, dass einige Eigenschaften der Leichten Sprache überwiegend positiv von beiden Versuchsgruppen eingeschätzt werden (so z. B. Erklärungen, Fettdruck, neue Zeilen für neue Sätze, kurze Sätze, Absätze, Stichpunkte und die Schriftgröße), andere negativ (wie z. B. der Mediopunkt und die Wortwiederholungen) beurteilt werden (Abb. 2 & 3).

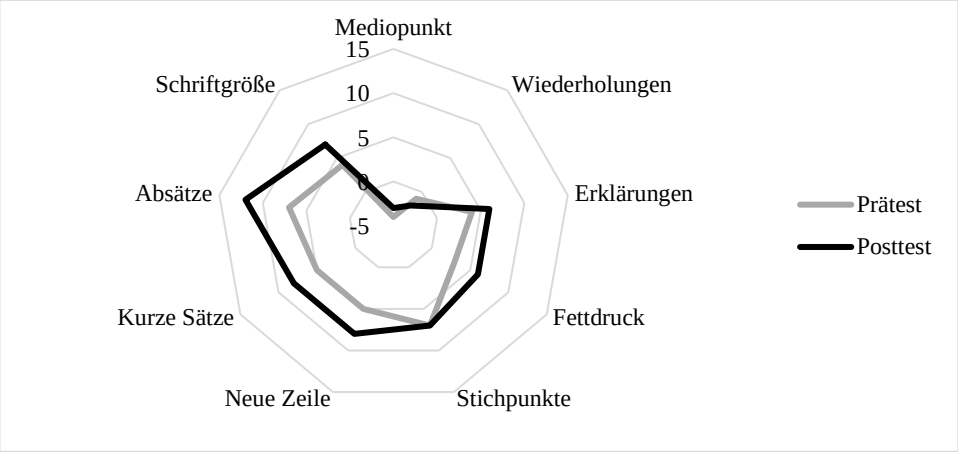


Abb. 2: Bewertungen der Schüler/-innen mit angenommenem bzw. festgestelltem Sprachförderbedarf (n = 18) von Merkmalen der Leichten Sprache vor und nach der Intervention im Biologieunterricht mit Texten in Leichter Sprache. Die Skala ergibt sich aus der Summe der individuellen Bewertungen der jeweiligen Merkmale.

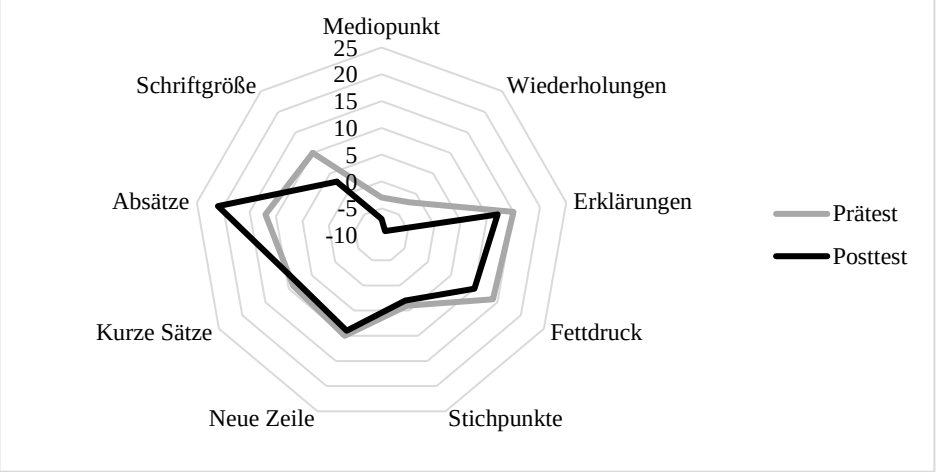


Abb 3: Bewertungen der Schüler/-innen ohne Sprachförderbedarf (n = 26) von Merkmalen der Leichten Sprache vor und nach der Intervention mit Texten in Leichter Sprache

Positiv bewertet wurden Texteigenschaften wie zusätzliche Erklärungen bei Fachwörtern, Lehnbegriffen oder Begriffen, die in der Alltagssprache weniger frequent genutzt werden, sowie der Fettdruck wichtiger Begriffe. Darüber hinaus wurden das Setzen von neuen Sätzen in neue Zeilen, die kurzen Sätze, die Nutzung von Absätzen nach Sinnabschnitten, die Nutzung von Stichwortlisten bei Aufzählungen und die Schriftgröße positiv bewertet.

Negativ bewertet wurden hingegen der Mediopunkt und die häufigen Wortwiederholungen durch stetige konkrete Nennung der Handlungsträger und die Vermeidung von Kohäsionsmitteln in Form von Pronomina. Schüler/-innen mit angenommenen bzw. gegebenen Sprachschwierigkeiten bewerten die Leichte Sprache tendenziell positiver im Anschluss an die Intervention als Schüler/-innen ohne (Abb. 2 & 3).

Literatur

Beese, M., Kleinpaß, A., Krämer, S., Reschke, M., Rzeha, S. & Wiethoff, M. (2017). Praxishandbuch Sprachbildung Biologie: Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern. Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.

Bickes, C. (2016). Funktion und Struktur von Bildungs- und Fachsprache. Ein grammatischer Leitfaden. Hannover: unidruck.

Maaß, C. (2015): Leichte Sprache. Das Regelbuch. Berlin: LIT Verlag. Verfügbar unter https://www.uni-hildesheim.de/media/fb3/uebersetzungswissenschaft/Leichte_Sprache_Seite/Publikationen/Regelbuch_komplett.pdf [24.05.2019].

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz.

Raatz, U. (2019). Wie sieht ein C-Test aus? Verfügbar unter: http://www.c-test.de/deutsch/index.php?lang=de&content=beschreibung_aussehen&section=ctest [24.05.2019].

Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.): Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen (S. 73-91). Tübingen: Narr Francke Attempto.

Lisa Stinken-Rösner Leuphana Universität Lüneburg
Simone Abels

Simulationen im Nawi-Unterricht: Erhebung des Status Quo

Das Angebot an digitalen Medien für den Unterricht ist in den letzten Jahrzehnten stets gewachsen. Insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer werden dabei teilweise sehr spezifische Angebote wie z.B. Simulationen entwickelt. Durch den Einsatz digitaler Medien soll die Qualität des Fachunterrichts erhöht werden sowie eine digitale Medienkompetenz (digital literacy) auf Seite der Schüler*innen entwickelt werden (KMK, 2016). Diverse Studien haben gezeigt, dass der Einsatz von Simulationen unter anderem dazu beitragen kann das Interesse und die Motivation der Schüler*innen zu steigern, ihr konzeptionelles Verständnis zu verbessern, sowie einen stärkeren und länger anhaltenden Lernzuwachs hervorzurufen (de Jong & von Joolingen, 1998; Baumann et al., 2013; Rutten et al. 2012; Vogel et al., 2006). Zusätzlich bieten Simulationen durch ihre Interaktivität und Anpassungsfähigkeit an individuelle Lernvoraussetzungen ein großes Potential für den inklusiven Fachunterricht (Blake & Scanlon, 2007).

Die steigende Anzahl an frei verfügbaren Simulationen, positive Forschungsergebnisse bezüglich deren Einsatz sowie die Nutzungsempfehlung durch die KMK lassen vermuten, dass digitale Medien bereits fester Bestandteil des Unterrichtsalltags sind. Ob dies jedoch der Realität entspricht, ist bisher nicht nachgewiesen.

Zur Erhebung des Status Quo wurde zunächst ein Systematic Review online verfügbarer Simulationen durchgeführt. Anschließend wurde im Rahmen einer Lehrer*innenbefragung der Einsatz von Simulationen im naturwissenschaftlichen Unterricht untersucht. Es wird analysiert, auf welche Anbieter Lehrkräfte zurückgreifen und in welchem Ausmaß Simulationen im inklusiven Fachunterricht eingesetzt werden.

Insgesamt haben 76 Lehrkräfte (36 männlich & 40 weiblich) der naturwissenschaftlichen Fächer (25 Biologie, 27 Chemie, 37 Physik, und 14 Naturwissenschaften) an der Befragung teilgenommen.

61% der befragten Lehrkräfte (n = 46) setzen Simulationen im Unterricht ein. Lehrkräfte, die keine Simulationen im Unterricht einsetzen (n=30), erhielten eine leicht abgewandelte Version des Fragebogens, wodurch sich die Stichprobe in zwei Gruppen aufteilt.

Systematic Review
Anhand eines Systematic Reviews konnten 28 Anbieter und über 2100 online verfügbare Simulationen in den Bereichen Biologie, Chemie und Physik identifiziert werden. Für das Systematic Review wurden verschiedene Online-Suchmaschinen, wie z.B. Google und Bing, genutzt. Als Suchbegriffe dienten ‚Simulation' und ‚Bio', ‚Biologie', ‚Biologieunterricht', ‚Chemie', ‚Chemieunterricht', ‚Physik' oder ‚Physikunterricht'. Analoge Begriffe wurden im Englischen verwendet. Nach einer ersten Durchsicht und dem Ausschluss irrelevanter und doppelter Ergebnisse wurde geprüft, ob die Simulationen kostenlos nutzbar und deutschsprachige Versionen verfügbar sind. Insgesamt verringerte sich die Anzahl der Ergebnisse damit auf 22 Anbieter und rund 1350 online frei verfügbare, deutschsprachige Simulationen in den Bereichen Biologie (~250), Chemie (~200) und Physik (~900).

Sieben dieser Anbieter wurden in den Fragebogen für die Lehrkräftebefragung aufgenommen und in Hinblick auf ihre Bekanntheit untersucht. Dabei wurde insbesondere auf die Anzahl frei verfügbarer Simulationen sowie auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Fächern geachtet. Zudem konnten die Lehrkräfte weitere, ggf. nicht im Fragebogen aufgeführte Anbieter ergänzen.

Bekanntheit der Anbieter

Die Ergebnisse der Fragebogenstudie zeigen, dass am häufigsten die Internetportale Planet Schule (57%), LEIFI Physik (53%), PhET (35%) und Chemie-interaktiv (15%) von den Lehrkräften, die Simulationen im Unterricht einsetzen (n=46), genutzt werden, wobei die Bekanntheit sowie der Einsatz signifikant mit dem Unterrichtsfach zusammenhängt ($.000 \leq p \leq .037$). 71% der Biologie- und 61% der Chemielehrkräfte nutzen Simulationen der Plattform Planet Schule, 86% der Physiklehrkräfte LEIFI Physik und 80% der Naturwissenschaftslehrkräfte PhET (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Bekannteste Anbieter von Simulationen. Angegeben ist jeweils der Prozentsatz an Lehrkräften, die Simulationen von den jeweiligen Anbietern kennen (und in ihrem Unterricht einsetzen), getrennt nach Unterrichtsfächern. Dargestellt sind nur die Ergebnisse für die Gruppe der Lehrkräfte, die Simulationen im Unterricht einsetzen (n=46). Für jedes Unterrichtsfach ist das am von den Lehrkräften meisten genutzte Internetportal fett markiert.

Anbieter	**Biologie (n = 14)**	**Chemie (n = 18)**	**Physik (n = 28)**	**Nawi (n = 14)**	**GESAMT (n = 46[1])**
Planet Schule	**79% (71%)**	**67% (61%)**	80% (52%)	25% (25%)	76% (57%)
LEIFI Physik	26% (21%)	39% (22%)	**93% (86%)**	60% (60%)	64% (53%)
PhET	21% (14%)	18% (12%)	54% (50%)	**80% (80%)**	37% (35%)
Chemie-interaktiv	31% (23%)	35% (35%)	8% (8%)	0% (0%)	18% (15%)

Betrachtet man die Ergebnisse der gesamten Stichprobe (n=76), so ergeben sich deutlich geringere Werte für die Bekanntheit und die Nutzung der verschiedenen Anbieter (vgl. Tabelle 2). Als weitere Quellen geben die befragten Lehrkräfte Lehrbuchbeilagen oder „das Internet“ ohne weitere Spezifizierung an.

Die Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte nur wenige Anbieter von Simulationen kennen bzw. nutzen. Je nach Unterrichtsfach werden verschiedene Anbieter von den Lehrkräften bevorzugt, zum Beispiel auf Grund der fachspezifischen Inhalte (z.B. LEIFI Physik) oder ihrer leicht auffindbaren Onlinepräsenz.

Ebenfalls auffällig ist, dass das Onlineportal Planet Schule bei ungefähr drei Viertel aller Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräfte, die Simulationen nutzen, bekannt ist, der Anteil an Nutzer aber insbesondere unter den Physiklehrkräften vergleichsweise gering ist. Der Anteil an Biologie- und Chemielehrkräfte, die Planet Schule kennen und nutzen, liegt, vielleicht auch aufgrund mangelnder Alternativen, wesentlich höher (vgl. Tabelle 1). Im Gegensatz dazu nutzen fast alle Physiklehrkräfte, die die Plattformen LEIFI Physik und/oder PhET kennen, diese auch in ihrem Fachunterricht.

[1] Beachte: Ein Teil der befragten Lehrkräfte unterrichtet mehr als ein naturwissenschaftliches Fach, wodurch $n_{Gesamt} > \sum n_i$

Tabelle 2: Bekannteste Anbieter von Simulationen. Angegeben ist jeweils der Prozentsatz an Lehrkräften, die Simulationen von den jeweiligen Anbietern kennen (und in ihrem Unterricht einsetzen) getrennt nach Unterrichtsfächern. Dargestellt sind die Ergebnisse für die gesamte Stichprobe (n=76). Für jedes Unterrichtsfach ist das am von den Lehrkräften meisten genutzte Internetportal fett markiert.

Anbieter	**Biologie (n = 25)**	**Chemie (n = 27)**	**Physik (n = 37)**	**Nawi (n = 14)**	**GESAMT (n = 76)**
Planet Schule	**56% (40%)**	**52% (41%)**	59% (38%)	15% (8%)	55% (36%)
LEIFI Physik	24% (12%)	33% (15%)	**91% (65%)**	36% (21%)	49% (34%)
PhET	12% (8%)	12% (8%)	40% (37%)	**29% (29%)**	24% (22%)
Chemie-interaktiv	17% (13%)	31% (23%)	9% (6%)	0% (0%)	14% (9%)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in Bezug auf die Nutzung von Simulationen im naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere die drei Internetportale Planet Schule, LEIFI Physik und PhET eine besondere Stellung unter Lehrkräften haben.

Die Einschränkung des Sytematic Reviews auf Onlineanbieter von Simulationen wird durch die Ergebnisse der Lehrer*innenbefragung im Nachhinein zusätzlich legitimiert, da alle befragten Lehrkräfte (unabhängig von der bisherigen Nutzung von Simulation) angeben, dass sie bei der Recherche vor Allem auf Online-Suchmaschinen und Internetportale zurückgreifen (würden).

Einsatz von Simulationen im Unterricht

Im Schnitt wird von den befragten Lehrkräften alle vier Unterrichtsstunden eine Simulation im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt. Der Einsatz von Simulationen hängt weder mit dem Alter ($M = 42.51,\ SD = 9.31,\ p = .735$) oder der Erfahrung ($M = 12.24,\ SD = 8.03,\ p = .578$) der Lehrkraft, noch mit der Anzahl an Unterrichtsstunden pro Woche ($4.20 \leq M \leq 8.61, .068 \leq p \leq .699$) zusammen. Signifikante Unterschiede bezüglich des Einsatzes existieren hingegen in Bezug auf das Geschlecht ($\chi^2\ (1, N = 76) = 3.916, p = .048^{*}$), die Schulform ($\chi^2\ (6, N = 76) = 15.759, p = .015^{*}$) und das Unterrichtsfach ($\chi^2\ (4, N = 103) = 11.928, p = .018^{*}$). Insbesondere männliche Physiklehrkräfte, die an Gymnasien unterrichten, setzen vermehrt Simulationen in ihrem Unterricht ein.

Ausblick

Im Rahmen der Lehrkräftebefragung wurde neben der hier beschriebenen quantitativen Nutzung von Simulationen und der verschiedenen Anbieter eine Reihe weiterer Variablen erhoben: Die technischen Ressourcen in den naturwissenschaftlichen Fachräumen, Unterrichtsphasen und Sozialformen, in denen Simulationen eingesetzt werden (könnten), Gründe für bzw. gegen den Einsatz von Simulationen, der Vergleich zum Einsatz des Realexperimentes sowie Kriterien, die Lehrkräfte bei der Auswahl von Simulationen für ihren Unterricht anwenden.

Eine detaillierte Veröffentlichung dieser Ergebnisse ist in naher Zukunft zu erwarten.

Literatur

Baumann, M, Simon, U., Wonisch, A. & Guttenberger, H. (2013). Computersimulation versus Experiment. Gibt es Unterschiede im Erzeugen nachhaltigen Wassers und in der Attraktivität für die Schüler? Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 66(5), 305-310

Blake, C. & Scannlon, C. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. Journal of Computer Assisted Learning, 23, 491–502

Chemie interaktiv. (2019). Bergische-Universität Wuppertal - Didaktik der Chemie. Abgerufen am 15. September 2019 von https://www.chemie-interaktiv.net/

de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68 (2), 179–201

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. Abgerufen am 15. September 2019 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf

LEIFI Physik. (2019). Joachim Herz Stiftung. Abgerufen am 15. September 2019 von https://www.leifiphysik.de/

PhET Interactive Simulations. (2019). University of Colorado Boulder. Abgerufen am 15. September 2019 von https://phet.colorado.edu/de/

Planet Schule. (2019). Südwestrundfunk & Westdeutscher Rundfunk. Abgerufen am 15. September 2019 von https://www.planet-schule.de/

Rutten, N., von Joolingen, W. R., van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. Computer & Education 58 (1), 136-153

Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2013). Computer gaming and interactive simulations for learning: a meta-analysis. Journal of Educational Computing Research, 34 (3), 229-243

Laura Sührig Goethe-Universität Frankfurt am Main
Roger Erb

Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht

Einleitung

Studien (Bertelsmann Stiftung, 2015; Klemm & Bertelsmann Stiftung, 2018) weisen zurzeit darauf hin, dass es bundesweit zu wenige Chancen für inklusiven Unterricht gibt.
In der Forschung finden sich derzeit jedoch kaum empirische Studien zu Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht. Wolters (2017) konnte feststellen, dass selbstständiges Experimentieren im inklusiven Physikunterricht möglich ist. Auch Türck (2016) erzielte bereits positive Ergebnisse mit einem kooperativen Experimentierunterricht in inklusiven Klassen.
Aufgrund dieser Situation wurde im Rahmen der hier vorgestellten Studie eine Stationenarbeit mit Optikexperimenten für einen inklusiven Physikunterricht entwickelt und evaluiert. Sonderpädagogische Förderung im Bereich des Förderschwerpunkts Lernen soll an der Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler orientiert sein und wird durch geeignete und strukturierte Lernsituationen, sprachliches Handeln, den Erwerb von altersentsprechendem Wissen, emotionale und soziale Stabilität und Handlungskompetenz erreicht (KMK, 1999). Für Schülerinnen und Schüler des Förderschwerpunktes Lernen bieten sich darauf stützend stark differenzierte Aufgabenstellungen an, um unterschiedliche Zugänge zu dem Unterrichtsgegenstand zu ermöglichen. In der Stationenarbeit sollte deswegen durch differenziertes, barrierefreies Schülerarbeitsmaterial, welches unterschiedliche Zugänge und Lernwege ermöglicht, eine stark heterogene Lerngruppe durch verschiedene Aufgaben- und Hilfsangebote gefördert werden. Um Schülerinnen und Schüler des Förderschwerpunktes emotionale und soziale Entwicklung (ESE) fördern zu können, bietet sich beispielsweise eine Abwechslung von lehrergesteuerten und selbstständigen Arbeitsphasen sowie das Arbeiten in Kleingruppen an, um „Unterrichtssituationen, die gegenseitige Wertschätzung zur Stabilisierung des Selbstwertgefühls ermöglichen, kooperatives und kommunikatives Handeln fördern, Selbst- und Fremdwahrnehmung stärken und zur Entwicklung tragfähiger Konfliktlösungsstrategien beitragen“ zu schaffen (KMK, 2000). So arbeiteten innerhalb der Stationenarbeit Kinder mit und ohne Förderbedarf gemeinsam und selbstständig in Kleingruppen an den Experimentierstationen.

Ablauf und Design der Studie

In der vorliegenden Studie wurde in Anknüpfung an die Inklusionsverpflichtung der Bundesrepublik Deutschland (Bundesgesetzblatt, 2008) ein Experimentierunterricht für inklusive Klassen in Form eines Stationenlernens gestaltet. An diesen sog. Experimentierstationen, die durch ein differenziertes, möglichst barrierefreies Schülerarbeitsmaterial in Form eines „Forscherheftes“ (Sührig, 2018) begleitet wurden, erarbeiteten und dokumentierten die Lernenden in Kleingruppen physikalische Phänomene der Anfangsoptik.
Die Studie ist in einem Prä-Post-Interventions-Design konzipiert. Die Gruppe wurde vor und nach der Intervention getestet. Der Prätest fragt vorhandene Schülervorstellungen und das Fachwissen ab, der Posttest erhebt darüber hinaus eine Einschätzung der Unterrichtseinheit, des Themenverständnisses und das Selbstkonzept der Lernenden. Die dreiteilige Intervention besteht aus einem lehrergeleiteten Einstieg mit Demonstrationsexperimenten, einer offenen Stationenarbeit mit Schülerexperimenten und einer Ergebnissicherung in Form einer Plakatpräsentation (Sührig & Erb, 2020). Durch das differenzierte Material sollten insbesondere Schülerinnen und Schüler mit dem Förderschwerpunkt „Lernen“ unterstützt werden. Die

Arbeit in Kleingruppen und die lehrergeleitete Einführung in die Unterrichtseinheit diente zur speziellen Förderung von Lernenden mit Förderschwerpunkt „Emotionale und soziale Entwicklung“.
In der Studie sollten folgende Forschungsfragen beantwortet werden:
- Kann durch Experimentierstationen bei den Lernenden mit und ohne Förderung ein Lernfortschritt erreicht werden? Führt die Durchführung der Einheit bei Lernenden mit und ohne Förderung zu einem vergleichbaren positiven Fachwissenszuwachs?
- Wie verändern sich Schülervorstellungen der Optik durch Experimentierstationen?

Insbesondere Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf haben einen Entwicklungsverzug, der sich in einem langsamer ablaufenden Lernprozess äußern kann. Um deren Entwicklung genauer untersuchen zu können, wurden für die Studie Klassen ausgewählt, die eine möglichst große Anzahl an Inklusionskindern aufweisen. Die Studie sollte zeigen, ob sich die Präkonzepte von Kindern mit und ohne Förderung durch die entwickelten Materialien positiv beeinflussen lassen und ob ein Lernfortschritt erzielt werden kann.

Unterrichtseinheit

Kern der Unterrichtseinheit war die Stationenarbeit, bei der die Schülerinnen und Schüler selbstständig und eigenverantwortlich Experimente zum Themengebiet der Anfangsoptik durchgeführt haben. Dabei waren sowohl die Stationen als auch die Aufgaben nach Komplexitätsgrad und Anspruch gestaffelt. Aufgaben und Stationen wurden in Anlehnung an das Universal Design for Learning (Meyer, Rose, & Gordon, 2014) und dem Planungsmodell der Lernstrukturgitter (Hoffmann & Menthe, 2016) konzipiert. So gab es beispielsweise Aufgaben, bei denen die Lernenden beobachten und wahrnehmen sollten bis hin zu Aufgaben, bei denen das neu erlernte Wissen auf einen neuen Sachverhalt transferiert werden sollte. Für leistungsschwache Lernende wurde die Bearbeitung von Aufgaben an den Stationen durch Lernunterstützungen mithilfe von Hilfskarten erleichtert. Diese Hilfskarten sollen Denkanstöße liefern und Beobachtungen lenken (Sührig, 2018).
Darüber hinaus waren einige Stationen so aufgebaut, dass sie einen spielerischen Zugang zu der Thematik erlauben wie beispielsweise das Gestalten von Schattenfiguren mit Knete; andere verlangten das Lösen anspruchsvoller physikalischer Rätsel wie die Erklärung eines bestimmten Phänomens durch eine freie Experimentierumgebung. Die Schülerinnen und Schüler konnten sich die Stationen eigenständig aussuchen. Jedoch wurde empfohlen, dass sie die sog. Basisstationen, die das im Lehrplan vorgesehene Wissen vermitteln sollten, absolvieren. Dieser Empfehlung kamen mindestens 80 Prozent der Lernenden nach.
Um Barrieren im inklusiven Unterricht abzubauen, wurde bei der Erstellung des Materials auf die Verwendung einer größeren Schriftgröße und einer kontrastreichen Darstellung geachtet. Um Überforderung zu vermeiden, wurden die Aufgaben in Teilschritte zerlegt (vgl. Werning & Baumert, 2013). Damit die Arbeitsaufträge von allen Lernenden unabhängig von ihren sprachlichen Kompetenzen erschlossen werden konnten, wurden die Aufgaben in einer Kombination aus Text, Realfotos und Symbolen gestaltet. Als optische Strukturierungshilfe diente der Einsatz einer wiederkehrenden Symbolik, die den Lernenden bei der Orientierung helfen und sie bei der selbstständigen Durchführung der Aufgaben unterstützen soll (Sührig, 2018).

Datenerhebung und Ergebnisse

Der selbst entwickelte Prä- und Posttest fragte vorhandene Schülervorstellungen zur Anfangsoptik (nach Wodzinski & Wilhelm, 2018) und das Fachwissen in 13 Multiple-Choice-Items und einer Freitextaufgabe ab. Der Lernfortschritt berechnet sich aus der Differenz der prozentualen Anteile der erreichten Punkte an den Gesamtpunkten im Prä- und Posttest.
Die Unterrichtseinheit wurde mit drei Parallelklassen der Klassenstufe 7 an einer Gesamtschule durchgeführt. Insgesamt nahmen 71 Schülerinnen und Schüler an der Erhebung teil,

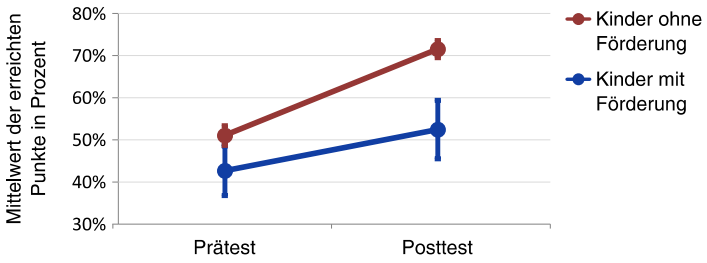


Abb.1: Lernfortschritt der Kinder mit und ohne Förderung

11 davon mit einem diagnostizierten Förderbedarf – 6 im Förderschwerpunkt Lernen, 5 im Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung (Sührig & Erb, 2020). Die Ergebnisse der gesamten Lerngruppe in Prä- und Posttest machen deutlich, dass alle Schülerinnen und Schüler (sowohl Kinder mit als auch ohne Förderbedarf) durch die Einheit dazu gelernt haben (Abbildung 1).
Zudem lässt sich sagen, dass sich die Entwicklung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen in den meisten Fällen in Richtung physikalisch angemessener Vorstellungen bewegen lässt (Sührig & Erb, 2020).

Lernfortschritt nach Förderschwerpunkt
Abbildung 2 zeigt, dass durch die differenzierten Aufgabenstellungen in der Stationenarbeit ein Lernfortschritt bei den Kindern mit Förderschwerpunkt Lernen erreicht werden konnte.
Die Ergebnisse deuten darüber hinaus an, dass die Angebote in der vorgestellten Unterrichtseinheit nicht ausgereicht haben, um die Schülerinnen und Schüler mit Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung (ESE) so zu fördern wie ihre Mitschüler (siehe Abb. 2).

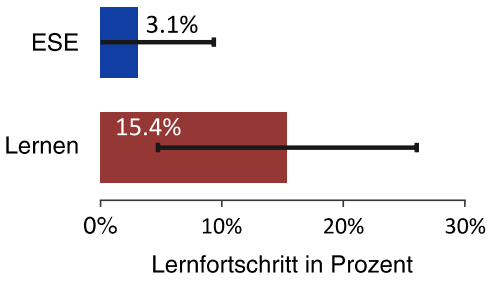


Abb. 2: Lernfortschritt nach Förderschwerpunkt

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die konzipierte Unterrichtseinheit tendenziell die Schülerinnen und Schüler mit Förderschwerpunkt Lernen besser fördert und somit auf die Bedürfnisse dieser Lernenden eher zugeschnitten ist.

Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zum inklusiven Experimentieren im Physikunterricht (Projekt „FINEX“)
Die Ergebnisse zeigen erste Erfolge beim Einsatz offener Lernformen in Form von Experimentierstationen im inklusiven Physikunterricht. In Anknüpfung daran sollen die bisher erstellten Konzepte und Materialien weiterentwickelt und in einer Fortbildung an Physiklehrkräfte vermittelt werden, die diese dazu befähigt, das Experimentieren im inklusiven Physikunterricht als erfolgreiche Unterrichtsmethode einzusetzen.
Eine Interventionsstudie soll die Auswirkung dieser Fortbildung auf die Lehrkräfte und die Lernenden untersuchen, indem u.a. das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler und die Bereitschaft der Lehrpersonen, auf Inklusion in der Planung einzugehen, erhoben wird.
Das Projekt „FINEX“ („Fortbildungsmaßnahme zum inklusiven Experimentieren“) ist Teil von „The Next Level“, welches aus der Qualitätsoffensive Lehrerbildung vom BMBF gefördert wird.

Literatur

Bertelsmann Stiftung (2015). Inklusion in Deutschland. Daten und Fakten. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Bundesgesetzblatt (2008). Gesetz zu dem Übereinkommen der Vereinten Nationen vom 13. Dezember 2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderungen sowie zu dem Fakultativprotokoll vom 13. Dezember 2006 zum Übereinkommen der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Bundesgesetzblatt Teil II, (35), 1419.

Hoffmann, T., & Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik.

Klemm, K., & Bertelsmann Stiftung (2018). Unterwegs zur inklusiven Schule: Lagebericht 2018 aus bildungsstatistischer Perspektive. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

KMK (1999). Empfehlungen zum Förderschwerpunkt Lernen: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.10.1999 (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.).

KMK (2000). Empfehlungen zum Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.03.2000. (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.).

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). Universal design for learning: Theory and practice. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing, an imprint of CAST, Inc.

Sührig, L. (2018). Veränderung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht (Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Fach Physik). Goethe-Universität Frankfurt.

Sührig, L., & Erb, R. (2020). Veränderung von Schülervorstellungen durch Experimentierstationen im inklusiven Optikunterricht. In PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019. Aachen.

Türck, V. (2016). Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung inklusiven Physikunterrichts (Masterarbeit). Universität Duisburg-Essen.

Werning, R., & Baumert, J. (2013). Inklusion entwickeln. Leitideen für Schulentwicklung und Lehrerbildung. In J. Baumert, R. Werning, V. Masuhr, J. Möller, T. Riecke-Baulecke, & H.-E. Tenorth (Hrsg.), Inklusion. Forschungsergebnisse und Perspektiven (S. 38–55). München: Oldenbourg.

Wodzinski, R., & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (S. 244–268). Berlin.

Wolters, B. (2017). Selbstständiges Lernen im inklusiven Physikunterricht (Masterarbeit). Universität Bonn.

Katja Weirauch[1]
Walter Goschler[2]
Claudia Schenk[2]
Christoph Ratz[2]

[1]Didaktik Chemie, Universität Würzburg
[2]Sonderpädagogik, Universität Würzburg

„Chemie all-inclusive“
Methodische Ansätze für inklusives Experimentieren

Projekt und Fundierung

Das interdisziplinäre Projekt „Chemie all-inclusive“ dient der Konzeption, Erprobung, iterativen Überarbeitung, Evaluation und Verbreitung von inklusiven Experimentierstationen zu Themen aus der Chemie. Die Stationen sind so konzipiert, dass alle Schülerinnen und Schüler – unabhängig davon, welche körperlichen und intellektuellen Voraussetzungen sie mitbringen – an ihnen handelnd aktiv werden können, idealerweise gemeinsam (Feuser, 1984). Ziel ist aber nicht nur die Handlung an sich, sondern für jede*n Lernende*n auch das Erreichen einer Fachlichkeit (Ratz, 2011) im Rahmen ihrer/seiner individuellen Zone der nächsten Entwicklung (Wygotskij, 1987). Seit 2016 fanden 14 Termine mit Durchführung von chemischen Experimentier-Stationen (Halbtags-Lehr-Lern-Labore) statt. Bisher nahmen ca. 140 Studierende, ca. 160 Schülerinnen und Schüler, ca. 40 Lehrkräfte sowie weitere schulische Betreuende teil. Die Lernenden kamen aus Klassen mit verschiedenen Förderschwerpunkten (GE, L, V, …) sowie aus Tandemklassen (mit Lernenden aller Leistungs- und Förderbereiche) oder Klassen für geflüchtete Schüler*innen (DaZ).

Die Konzeption von chemischen Experimenten für maximal heterogene Schülerschaften ist für die meisten Lehrkräfte herausfordernd, da diese in der Regel entweder über chemische oder über sonderpädagogische Expertise verfügen – selten über beides. Im Rahmen des Projekts wurde daher ein Kompendium von Methodenwerkzeugen für die Planung entwickelt – ausgewählte wurden im Poster vorgestellt. Diese Methodenwerkzeuge werden zum Beispiel im Rahmen eines Seminars von Studierenden genutzt, um innerhalb eines Semesters eine chemische Experimentier-Station zu entwickeln. Am Ende steht die Erprobung der Experimentier-Station mit einer Schulklasse und deren Reflexion im Plenum und mit den Lehrkräften. Im Rahmen dieser Seminare sind bisher ca. 60 chemischen Experimentier-Stationen entstanden. Ausgewählte Beispiele sowie das methodische Kompendium wurden im Rahmen von Lehrerfortbildungen und Workshops kommuniziert und reflektiert. In einer qualitativen Vorstudie wurden die beteiligten Studierenden befragt. Die Äußerungen der ebenfalls sehr heterogene zusammengesetzten Seminarteilnehmer*innen (alle Schularten, alle Fächer, alle Bereiche der Sonderpädagogik) bestätigten das oben angesprochene Entweder-Oder der vorhandenen Expertisen und daraus folgende Herausforderungen. Sie bestätigen aber auch, dass das Seminarkonzept geeignet ist, um die jeweiligen Kompetenzen der Studierenden im Hinblick auf inklusive Experimentierstationen zielführend zu erweitern.

Methodenwerkzeuge für die Planung inklusiver chemischer Experimentier-Stationen

Zu Beginn der Planung unserer Experimentier-Stationen steht nie der fachliche Inhalt, sondern stets die Findung eines *authentischen Phänomens* aus der Erlebenswelt der Lernenden. Solche oft als „Kontexte“ zusammengefassten Phänomene bieten den Lernenden einerseits die Möglichkeit, ihr Vorwissen einzubringen und so einen Zugang zum chemischen Inhalt zu finden (Parchmann et al., 2001), andererseits können sie sinngebend für diese fachlichen Inhalte wirken (Demuth et al., 2008). Im Gegensatz zu den üblicherweise im Chemie-Unterricht verwendeten Kontexten (z. B. Kuballa, 2008) suchen wir für die inklusiven Experimentier-Stationen nach einem enger gefassten, näher am Erleben des Lernenden situierten Phänomen (Weirauch et al., 2019). Solche Phänomene haben nach unserer

Erfahrung eine deutlich höhere emotionale Wirksamkeit („Grinsen oder Grübeln“) und wecken daher mit höherer Wahrscheinlichkeit ein situationales Interesse. Ein emotional wirksames Phänomen zu finden ist nicht einfach. Mithilfe des „DIM“-Methodenwerkzeugs ("Das-interessiert-mich", Weirauch, 2017) wird zunächst ein Themenfeld eingegrenzt, in dem wiederum ein die Lehrenden selbst interessierendes, emotional wirksames Phänomen gesucht wird. Im Weiteren werden zu dem Phänomen Fragen formuliert, experimentelle Herangehensweisen zu ihrer Klärung entwickelt und die jeweiligen fachlichen Hintergründe geklärt.

Die *Fachliche Klärung* eines solchen authentischen Phänomens muss für heterogene Schülergruppen erfahrungsgemäß weitreichender betrieben werden, als für „üblichen“ Unterricht. Um inklusive Lern-Settings konzipieren zu können, muss die die Lehrkraft ein derart grundsätzliches Verständnis von den Inhalten entwickeln, dass die zugrundeliegenden Prinzipien offengelegt werden, weil …

… nur so die didaktische Reduktion der Inhalte bis an ihre Grenzen (elementarste Erklärung bei fachlicher Korrektheit) betrieben werden kann.

… vom Fach her ein Kompetenz-orientiertes Lernen von Chemie alle Kompetenzbereiche berücksichtigen muss. Für das Fachwissen bedeutet dies nicht die Vermittlung von isoliertem Faktenwissen, sondern das Erfassen der Inhalte über ebendiese grundlegenden Prinzipien, z. B. als Basiskonzepte (KMK, 2005).

… von der Pädagogik her unter dem Gemeinsamen Gegenstand eben nicht das von allen durchzuführende Experiment verstanden wird, sondern der „zentrale Erkenntnisprozess“ (Feuser, 1984), den sich alle so weit wie ihnen möglich erschließen sollen. Und ein solcher zentraler Erkenntnisprozess sollte vorzugsweise die zugrundeliegenden Prinzipien zum Inhalt haben.

Nach unserer Erfahrung und den Ergebnissen einer qualitativen Vorstudie erfolgt während der didaktischen Rekonstruktion der Experimentier-Stationen durch die Lehrkräfte und Studierenden in der Regel eine iterative Rückkehr zur Fachlichen Klärung, weil durch die notwendige Vereinfachung und die Ideen der Lernenden immer wieder Fragen auftauchen, die man bei einer üblichen Unterrichtsvorbereitung schlichtweg nicht stellen würde.

Ermitteln und Berücksichtigen der Lerner-Perspektive

Denkt man an den oben formulierten Anspruch, dass „alle kommen können und aktiv handelnd tätig werden sollen“, so müsste dieser Schritt entweder wegfallen, oder so kleinteilig erfolgen, dass alle Eventualitäten bedacht werden. Beides ist nicht realistisch. Faktisch kommt unserer Erfahrung nach bei jeder Durchführung einer Experimentier-Station mit Lernenden wieder eine neue Facette hinzu, die mitberücksichtigt und für die Wege ermöglicht werden sollten. (Dies stimmt aber auch für jede „Regelklasse“ in nicht explizit inklusiv angelegten Settings!). Ein Weg aus dem Dilemma bietet sich, wenn man dafür sorgt, dass bei jedem Erkenntnisschritt stets verschiedene Zugänge zum Inhalt ermöglicht werden. Goschler (Goschler, 2018) hat hierfür ein Planungsraster mit vier Zugangsebenen entwickelt:

Planungsraster

Theoretische Überlegungen aus der kulturhistorischen Schule zu den Niveaustufen der geistigen Tätigkeiten nach Leontjev (1980), die verschiedenen Aneignungsmöglichkeiten nach Straßmeier (2000) sowie die Repräsentationsmodi nach Bruner et al. (1971) bilden die Grundlage für diese sogenannten Zugangsebenen. Ziel ist es alle verschiedenen „Zugangstüren“ bei der Planung zu bedenken und für die Schüler*innen zu öffnen. In Anlehnung an das Lernstrukturgitter von Kutzer (1999) sind demnach folgende Zugänge bei der Planung inklusiver Experimentierstationen zu berücksichtigen:

- Basal-perzeptive Ebene: Zugang über Wahrnehmungsprozesse
- Konkret-gegenständliche Ebene: Zugang über Gegenständlichkeit und Handlung

- Anschaulich-symbolische Ebene: Zugang über Veranschaulichung und Symbolisierung
- Abstrakt-begriffliche Ebene: Zugang über Abstraktion

Das Planungsinstrument (Goschler, 2018) entspricht einer Tabelle, in welchem für jeden Erkenntnisschritt möglichst konkrete Vorhaben zum gemeinsamen Gegenstand notiert werden. In den weiteren Spalten („+“) können zusätzliche Impulse und Inhalte eingeplant werden, auf die optional zugegriffen wird.

basal-perzeptiv			
konkret-gegenständlich			
anschaulich-symbolisch			
abstrakt-begrifflich			
Zugangsebenen	Thema 1	Thema 1+	Thema 1++

Abb. 1: Planungsraster nach Goschler, 2018

Bei der Nutzung dieses Planungsrasters muss stets mit bedacht werden, dass die unterschiedlichen Zugangsebenen sich a) wechselseitig beeinflussen und b) jeweils nicht scharf voneinander abzugrenzen sind. Zudem ist die abstrakt-begriffliche Ebene nicht den Regelschüler*innen oder den Hochbegabten vorbehalten und die Schülerinnen und Schüler mit Beeinträchtigungen sind nicht an die basal-perzeptive oder konkret-gegenständliche Ebene gebunden! (Goschler, 2018)

Planen für kommunikative Heterogenität

Zur Konzeption einer Experimentier-Station für unbekannte Nutzer ist auch ein breites Angebot an kommunikativen Herangehensweisen notwendig. Hierfür berücksichtigt unser entsprechendes Methodenwerkzeug neben der Cognitive-Load-Theory nach (Sweller et al., 2011) auch gestaltungspsychologische Grundsätze bei der Strukturierung der Experimentierstationen. Zur Reduktion der kognitiven Belastung finden folgende Strategien zur Vermeidung von Lese- und Sprachbarrieren Anwendung (Dechant et al., 2018):

- Vereinfachung auf Wort- und Satzebene (Konzept der Leichten Sprache z. B. BMAS, 2014)
- Unterstützung der Sprache durch Verknüpfung von (Bild-)Symbolen und Text (Dechant et al., 2018) in verschiedenen Sprachen (z. B. Arabisch, Englisch, …)
- Ersetzen der Schriftsprache unter Berücksichtigung des Erweiterten Lesebegriffs
- Möglichkeiten zur Unterstützten Kommunikation.

Die endgültigen Experimentier-Stationen werden schließlich entlang der Schritte des Naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges nochmals durchdacht und weitergehend strukturiert. Dies unterstützt nicht nur eine logisch schlüssige Abfolge, sondern bezieht zentrale Aspekte der „Nature of Science“ (NOS) (Neumann, 2011) mit ein. Die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges werden dann mithilfe der Forscher-Scheibe [verändert durch C. Schenk nach Weirauch et al., 2015] während des Erkenntnisprozesses mit den Lernenden immer wieder nachvollzogen und so auf Meta-Ebene redundant ins Bewusstsein gebracht.

Literatur

BMAS, Leichte Sprache. Ein Ratgeber. 2014.

Bruner, J.s., R.R. Olver, and P.M. Greenfield, Studien zur kognitiven Entwicklung. eine kooperative Untersuchung am "Center for Cognitive Studies" der Harvard-Universität. 1971.

Dechant, C., et al., Lebensgrundlage Boden - Eine Handreichung mit differenzierten Lernmaterialien für dne Unterrich in inklusiven Gruppen. 2018: Universität Koblenz- Landau, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg.

Demuth, R., et al., Chemie im Kontext - Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzeptes. 2008, Münster: Waxmann.

Euker, N., A. Koch, and J. Kuhl, Lesen mit Downsyndrom? 2017.

Feuser, G., Gemeinsame Erziehung behinderter und nichtbehinderter Kinder im Kindertagesheim. 1984, Bremen: Diakonisches Werk.

Feuser, G., Thesen zu: Gemeinsame Erziehung, Bildung und Unterrichtung behinderter und nichtbehinderter Kinder und Jugendlicher im Kindergarten und Schule 1984.

Goschler, W., Inklusive Didaktik in Theorie und Praxis. Lernwerkstattarbeit und mathematische Muster am gemeinsamen Gegenstand. 2018, Würzburg: Würzburg University Press.

KMK, K., Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz, S.d.S.K.d.K.d.L.i.d.B. Deutschland, Editor. 2005, Luchterhand München.

Kuballa, M., Die Chemie ersetzt den Vorkoster. Chemie im Kontext Sekundarstufe I, ed. R. Demuth, I. Parchmann, and B. Ralle. 2008, Berlin: Cornelsen Verlag.

Kutzer, R., Überlegungen zur Unterrichtsorganistion im Sinne strukturorientierten Lernens, in Mit Behinderungen muss gerechnet werden: der Marburger Beitrag zur lernprozessorientierten Diagnostik, Beratung und Förderung H. Probst, Editor. 1999, Jarik Oberbiel Verlag: Solms. p. 15-69.

Leontjev, A.N., Probleme der Entwicklung des Psychischen. 1980, Königstein: Athenäum Verlag.

Neumann, I., Beyond Physics Content Knowledge - Modeling Competence Regarding Nature of Science and Nature of Scientific Knowledge. Vol. 117. 2011, Berlin: Logos- Verlag.

Parchmann, I., et al., Chemie im Kontext - Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule PdN-ChiS, 2001. 50(1): p. 2-7.

Ratz, C., Zur Bedeutung einer Fächerorientierung, in Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderungen, C. Ratz, Editor. 2011, Athena Verlag: Oberhausen. p. 9–38.

Straßmeier, W., Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern. 2000, München: Reinhardt UTB.

Sweller, J., P. Mayres, and S. Kalyuga, Cognitive Load Theory. 2011, New York, NY: Springer Science+Business Media LLC.

Weirauch, K., et al. Chemie im Kontext weitergedacht - ein Diskussionsbeitrag. in GDCP-Jahrestagung. 2019. Kiel: GDCP.

Weirauch, K., et al., Forschen lernen in der Schule. Praxis der Naturwissenschaten Chemie in der Schule, 2015. 46(6).

Weirauch, K., Neue Herausforderungen an die professionellen Kompetenzen von Chemie-Lehrkräften durch die Implementation von Seminarfächern, in Didaktik der Chemie. 2017, Universität Würzburg: Würzburg.

Wygotskij, L.S., Ausgewählte Schriften. Vol. Band 2. 1987, Köln: Pahl-Rugenstein- Verlag.

Larissa Fühner Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Susanne Heinicke

Inklusiver Physikunterricht unter der Lupe

Die Gestaltung inklusiven Unterrichts ist eine herausforderungsvolle Aufgabe der einzelnen Fachdidaktiken (Menthe et al., 2017). Besonders im Fach Physik zeigen sich auf den ersten Blick eine Vielzahl von möglichen Herausforderungen und Chancen, die sich von denen anderer Fächer unterscheiden (Sach & Henicke, 2019).
Das vorgestellte Projekt untersucht verschiedene inklusive Settings anhand von Unterrichtsbeobachtungen und -videographien. Es werden erste Ergebnisse der Unterrichtsbeobachtungen vorgestellt und mit Ergebnissen einer Befragung von Lehrkräften ergänzt.
Einen intensiveren Blick auf die gewonnen Erkenntnisse ermöglicht in einem dritten Schritt eine weiterführende Videographie einzelner Unterrichtsstunden, kombiniert mit Erkenntnissen der leifadengestützten Interviews basierend auf der Aufstellungsmethode.

Theoretische Grundlage - Herausforderungen und Chancen

In vielen Bereichen beschreiben inklusive Perspektiven auf einen gemeinsamen Unterricht verschiedener Herausforderungen der einzelnen Akteure (Fühner & Heinicke, 2019). Gerade der Physikunterricht bietet aber auch ein großes Potential für einen gemeinsamen Unterricht, siehe Abbildung 1.

Herausforderung	**Chancen**
Fachbegriffe/ Fachsprache	Haptische Zugänge und Möglichkeiten
Fehlendes Hintergrundwissen	Alltagsnähe zur schnellen Kompensation von Wissenslücken
Abstraktionsfähigkeit (Bsp. Mathematisierung, Umgang mit Modellen)	Verschiedene Verstehensebenen für individuelle Lernwege
Richtig/ Falsch- Denken	Prozessorientierung (Fokus „Ausprobieren“)
Wertschätzen in einer geradlinigen Fachkultur	Schnell sichtbare Erfolgserlebnisse („Die Lampe leuchtet.“)
Schwieriger Beziehungsaufbau führt zu einer gestörten Rückmeldefunktion der Lehrkraft	Authentische Rückmeldung der Experimente

Abbildung 1: Herausforderungen und Chancen in einem inklusiven Physikunterricht.

Ergebnisse der Unterrichtsbeobachtung – allgemein

Basierend auf möglichen Chancen und Herausforderungen wurde eine intensive Hospitationsphase im inklusiven Physikunterricht durchgeführt. Die teilnehmende Beobachtung (Lüders, 2010) fand dabei in insgesamt sechs Klassen der Jahrgangsstufen 5 bis 8 inklusiver Gymnasien statt. Es handelt sich um ca. 120 Unterrichtsstunden, die teilnehmend beobachtet und dokumentiert wurden.
Insgesamt treten die nachfolgenden Phänomene signifikant häufiger aber nicht nur bei Lernenden mit sonderpädagogischer Unterstützung in Erscheinung. Da es Lernende mit

sonderpädagogischer Unterstützung schwieriger fällt auftretende Probleme selber zu lösen bzw. kompensieren, liegt hier möglicherweise ein Kristallisationspunkt vor.

- Handlungsorientierter Unterricht bietet vor allem bei Lernenden mit Konzentrationsschwierigkeiten ein enormes Ablenkungspotential. Liegt ein klarer Fokus auf der Lehrperson, hilft dies den Lernenden ihre Aufmerksamkeit selbst zu regulieren.
- Alltagsphänomene lösen Faszination bei den Lernenden aus, werden aber häufig als verstanden, weil bekannt wahrgenommen („Das mit dem Mond ist doch leicht, das sieht man ja auch jeden Tag“).
- Motorische Schwierigkeiten der Lernenden führen zu Hindernissen in der Durchführung von Experimenten. Besonders detaillierte, genaue Arbeitsschritte erwiesen sich dabei als große Herausforderung.
- Lernende mit sonderpädagogischer Unterstützung haben ein deutlich geringeres fachliches Selbstkonzept. Rückschläge im Arbeitsprozess wirken sich infolgedessen besonders intensiv auf die darauffolgende Mitarbeit aus. Es ist häufig schon vorher eine negative Grundhaltung sichtbar („Das kann ich sowieso nicht. Das ist viel zu schwierig.“)
- Eine fehlende eigenständige Unterrichtsbeteiligung der Lernenden ist häufig sichtbar. Nur in wenig Fällen war eine eigenständige Beteiligung ohne Aufforderung der sonderpädagogischen Lehrkraft oder der Lernbegleitung zu beobachten.
- Größere zeitliche Ressourcen wurden im Sinne eines conceptual change sichtbar. Die Lernenden haben viele Wochen lang die gleichen Fachinhalte bearbeitet, um schließlich eine Weiterentwicklung vorhandener Fachkonzepte zu ermöglichen.
- Neu eingeführte Fachbegriffe haben eine hohe Bedeutsamkeit für die Lernenden. Dieses Phänomen wurde von mehreren sonderpädagogischen Lehrkräften bestätigt.
- Lernenden musste häufig eine gewisse Hürde überwinden, um auf fachliche Fragen der Fachlehrkräfte zu antworten. Häufige Blickkontakte zu ihrer sonderpädagogischen Lehrkraft oder Lernbegleitung als Rückversicherung, waren dabei nicht selten zu sehen.

Ergebnisse der Unterrichtsbeobachtung – Beziehungsmap

Die teilnehmende Beobachtung verdeutlicht, dass besonders für Lernende mit sonderpädagogischer Unterstützung die Beziehungsebenen zu ihren Lehrpersonen ausschlaggebend für einen erfolgreichen Lernprozess sind. Infolgedessen wurde auf Basis der teilnehmenden Beobachtung ein erstes Beziehungsmap der Akteure konstruiert (siehe Abbildung 2.1) und dann anhand von Einschätzungen weiterer zehn Fachlehrkräften und drei sonderpädagogischen Lehrkräften ergänzt (siehe Abbildung 2.2).

Beide Beziehungsmap zeigen, dass die Lernenden mit sonderpädagogischer Unterstützung (kurz SPU) sowohl zu den sonderpädagogischen Lehrkräften als auch zu den Lernbegleitungen eine enge Verbindung haben. Es fällt auf, dass die Lernbegleitungen in den Einschätzungen der Lehrkräfte in keine weiteren Vernetzungen einbezogen wurden, trotz großer Nähe zu den Lernenden mit sonderpädagogischer Unterstützung.

In den Beobachtungen zeichnet sich im Vergleich dazu die Verbindung zwischen den Fachlehrkräften und den Lernenden mit sonderpädagogischer Unterstützung häufig als „gestört“ ab. Eine direkte Kommunikation der beiden Akteure fiel auffällig schwierig. Häufig wurde über den Umweg der sonderpädagogischen Lehrkraft miteinander kommuniziert. Auch die Lehrkrafteinschätzungen bestätigen diese Distanz, wenn auch hier kein besonders „gestörtes“ Verhältnis wahrgenommen wurde.

Die Beziehungen der Lernenden untereinander sind, wie in nicht inklusiven Klassen, heterogen. Es kam nicht vor, dass insbesondere Lernende mit sonderpädagogischer Unterstützung ausgeschlossen wurden. Lehrkräfte bestätigten hingegen, dass inklusive Klassen im Vergleich zu anderen Jahrgangsklassen als besonders sozialkompetent wahrgenommen wurden. Die Lehrkrafteinschätzungen zeigen sogar ein enges Verhältnis der Lernenden mit und ohne sonderpädagogische Unterstützung zueinander.

Auffallend ist in der Einschätzung der Lehrkräfte die enge Verbindung beider Lehrkräfte zur jeweiligen Klassenlehrkraft, welche in den Hospitationsphasen aufgrund der Abwesenheit der Klassenlehrkräfte nicht dokumentiert werden konnte. Als Folge der fehlenden Klassenlehrkraft wurde möglicherweise in der Beobachtung die Beziehung zwischen Fachlehrkraft und sonderpädagogischer Lehrkraft intensiver wahrgenommen, als die Beziehung von Lehrkräften eingeschätzt wurde.
Insgesamt resultiert das Beziehungsmap aus vier Fallbeispielen. Es gibt dabei leichte Variationen der Beziehungen zueinander, jedoch sind die dokumentierten Tendenzen immer sichtbar geworden.

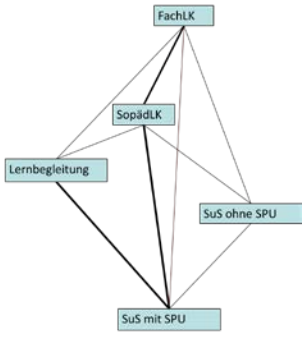


Abbildung 2.1: Beziehungsmap Akteure im inklusiven Unterricht. Quelle: Unterrichtsbeobachtungen.

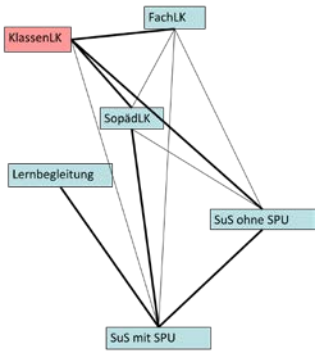


Abbildung 2.2: Beziehungsmap Akteure im inklusiven Unterricht. Quelle: Befragung Lehrkräfte.

Erste Ergebnisse leitfadengestützter Interviews kombiniert mit der Systemaufstellung
Neben den Perspektiven der Lehrkräfte auf die vorherrschenden Beziehungen im Unterricht, ist auch die Wahrnehmung der Lernenden von enormer Relevanz. Besonders die Wichtigkeit der Beziehungsebenen für viele Lernende mit sonderpädagogischer Unterstützung, lässt der Einschätzung der Lernenden eine enorme Relevanz zukommen. Der abstrakte Zugang eines Beziehungsmap wurde für die Lernenden eigens adaptiert. Dabei handelt es sich um ein leitfadengestütztes Interview (Helfferich, 2014), welches mit Elementen der Systemaufstellung (Sparrer, 2016) erweitert wurde. Das haptische Arbeiten mit Materialien soll den Lernenden mögliche kommunikative Barrieren nehmen. Dabei thematisiert das Interview zunächst die eigene Vorstellung von Physik, anschließend wird das Verhältnis von dem Interviewten mit der Physik behandelt und schließlich mit dem Verhältnis der Anderen zur Physik und der ganzen Akteure untereinander aufgestellt. Ein erstes Fallbeispiel zeigt Abbildung 3.

Abbildung 3: „Physik und ich und die anderen" - Systemaufstellung der leitfadengestützten Interviews von Schüler L.

Literatur

Führer, L. & Heinicke (2019). Unterricht unter der Lupe. Beobachtungen und Empfehlungen zu inklusivem Physikunterricht. In: Naturwissenschaft im Unterricht Physik: Herausforderung Inklusion annehmen, 170, S. 10 -16

Helfferich, C. (2014). Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, Nina & Blasius, Jörg (Hrg.) Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, Springer, S. 559 – 574

Lüders, C. (2010). Beobachten im Feld und Ethnographie. In: Flick, Uwe, von Kardoff, Ernst & Steinke, Ines (Hrg.) Qualitative Forschung ein Handbuch, Rowohlts, S. 384 ff.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (pp. 800–803). Universität Regensburg. Retrieved from http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_800_Menthe.pdf

Sach, M. & Heinicke, S.: (2019). Herausforderung Inklusion im Physikunterricht – Einblicke in Visionen und Realitäten. In: Naturwissenschaft im Unterricht Physik: Herausforderung Inklusion annehmen, 170, S. 2-7

Sparrer, I. (2016). Systemische Strukturaufstellungen. Theorie und Praxis. Heidelberg. Carl-Auer-Verlag

Ute Brinkmann
Sarah Kellermann
Markus Prechtl

Technische Universität Darmstadt

Was verstehen Jugendliche unter Begriffen zu beruflichen Präferenzen aus der MINT-Berufsorientierung? – Erfahrungen aus dem Projekt DiSenSu

Frauen in MINT-Berufen

In naturwissenschaftlich-technischen Feldern gibt es in Beruf, Ausbildung und Studium nach wie vor einen geringen Frauenanteil. Nach dem MINT-Frühjahrsreport 2019 des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln (Anger, Koppel, Plünnecke, Röben & Schüler, 2019) betrug der Anteil der Frauen an allen sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in MINT-Berufen im dritten Quartal 2018 nur 15 %. Der Vergleich mit dem vierten Quartal 2012 belegt einen Anteil von 13,8 %; somit war auch der prozentuale Anstieg nur gering. Ähnlich sieht es aus, wenn man sich den Frauenanteil an MINT-Erstabsolventen*innen anschaut. Er lag 2005 bei 30,6 % und schwankte über die Jahre: 31,9 % (2008) und 30,2 % (2017). Beim Anteil der Frauen, die sich für einen MINT-Ausbildungsberuf entscheiden, sieht es noch wesentlich drastischer aus: 2012 entschieden sich nur 7,7 % der Frauen für einen MINT-Ausbildungsberuf; dieser Anteil stieg bis 2017 nur geringfügig auf 8,8 % an.

Das berufsorientierende Projekt DiSenSu

Die Voraussetzungen für Berufswahlentscheidungen (vgl. Spitzer, 2017) und entsprechende Geschlechterdifferenzen im MINT-Bereich sind vielfältig (vgl. Schlemmer & Binder, 2019). Eine Ursache der oben beschriebenen Situation liegt darin begründet, dass viele Mädchen und junge Frauen sich einen naturwissenschaftlichen Beruf nicht zutrauen. Im Besonderen trifft dies auf Mädchen mit einem Migrationshintergrund zu (vgl. Färber, 2008). An eben dieser Herausforderung setzt das Projekt DiSenSu (Diversity Sensibler Support), ein Verbundprojekt der TU Darmstadt und PH Ludwigsburg, an (Markic, Prechtl, Hönig, Küsel, Rüschenpöhler & Stubbe, 2018; Prechtl & Stubbe, 2019; www.disensu.de). DiSenSu unterstützt junge Frauen mit Migrationshintergrund auf ihrem Weg zur Berufswahl. In einem einstündigen Coaching erschließt die DiSenSu-Coachin mit der Teilnehmerin individuell die Potenziale und Berufsmöglichkeiten in MINT-Berufsfeldern. Das Coaching beinhaltet das Bearbeiten eines digitalen Tools, das Lesen einer Fotostory mit weiblichen Role Models in der Chemie und ein sich daran anschließendes Gespräch zu den Ergebnissen. Der Fokus des Coachings liegt derzeit primär auf chemiebezogenen Berufsfeldern und wird stetig erweitert. Das digitale Tool beinhaltet Aufgabenstellungen zu berufsspezifischen Anforderungen, wie räumliche und haptische Fähigkeiten. In einem Teil des Coachings sollen sich die Teilnehmerinnen mit ihren Präferenzen bezüglich eines späteren Berufs auseinandersetzen. Für viele von ihnen ist es das erste Mal, dass sie sich mit solchen Überlegungen konfrontiert sehen.

Die Präferenzrangliste – ein Methodenwerkzeug zur Erfassung beruflicher Präferenzen

Um die Präferenzen der Teilnehmerinnen bestimmen zu können, wurden zehn Begriffe aus fünf Kategorien – Autonomie, Sicherheit/Erfolg, Wissenschaft, Privatleben, Altruismus – des MINT-Nachwuchsbarometers (acatech, 2014, S. 68f.) verwendet. Die Teilnehmerinnen müssen diese zehn Begriffe in einem ersten Schritt in eine Rangliste einordnen. In einem zweiten Schritt wird die Liste präzisiert, indem die Teilnehmerinnen alle Begriffe noch einmal randomisiert als Paar gezeigt bekommen und sich erneut für den für sie wichtigeren Begriff entscheiden müssen. Die so entstandene Rangliste wird der ersten gegenübergestellt. Im anschließenden Coaching-Gespräch wird der Unterschied dann thematisiert. Unser Beitrag behandelt die begleitende Forschung zu dieser Präferenzrangliste.

Fragestellung
Im Rahmen der Begleitforschung wurde untersucht, wie Jugendliche die (acatech-)Begriffe, die im Methodenwerkzeug Präferenzrangliste verwendet werden, auffassen. Im Folgenden werden ausgewählte Befunde aus der Befragung vorgestellt. Eine umfassendere Darstellung der Befunde wird in Kürze an anderer Stelle publiziert.

Methodik
In einem ersten Teil der Untersuchung wurden 323 Fragebögen mit offenem Aufgabenformat (vgl. Hammann & Jördens, 2014), die Schülerinnen und Schüler aus dem siebten Jahrgang bis zur Oberstufe bearbeitet hatten, mit induktiver Kategorienbildung und Codierung ausgewertet. Im zweiten Teil wurden während der Konfrontation von Personen mit der Präferenzrangliste sechs qualitative Interviews mit der Methode des lauten Denkens (vgl. Sandmann, 2014) geführt. Deren Auswertung erfolgte in Anlehnung an das Kategoriensystem (Eigenheiten, Gemeinsamkeiten, Verschiedenheiten, Begrenztheiten) (vgl. Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Im Folgenden werden ausschließlich die Befunde des ersten Teils dargelegt; es werden die prägnanten Befunde besprochen.

Was verstehen Jugendliche unter den MINT-Nachwuchsbarometer-Begriffen aus der Präferenzrangliste wie z. B. „hohes Einkommen“?
Anderen helfen. Am häufigsten (79 % der befragten Jugendlichen) wurde der Begriff „anderen helfen“ mit „andere Menschen unterstützen“ erklärt. Die meisten Jugendlichen haben den Begriff gut nachvollziehbar beschrieben. Er findet sich in ihrer Alltagswelt wieder, z. B. im Kontext von: älteren Menschen beim Einkaufen helfen, jüngere Geschwister oder eine Mitschülerin bei den Hausaufgaben unterstützen etc. 7 % der Befragten verbanden mit dem Begriff eine soziale Einstellung. Unter Sonstiges (3 %) wurden die Berufe Arzt, Pfleger und Sozialarbeiter (immer maskulin) genannt, die auch ein Verständnis für den Begriff aufzeigen. Nur 2 % der Befragten gaben keine Antwort bzw. gaben „ich weiß nicht“ an.
Aufstiegsmöglichkeiten. Der Terminus wurde von 72 % der Befragten mit der „Möglichkeit der Beförderung“ im Beruf umschrieben. Auch hier können die Jugendlichen einen direkten Bezug zu ihrem Alltag herstellen; etwa die beruflichen Erfahrungen von Eltern, Bekannten und Freunden. Keine Antwort/„ich weiß nicht“ gaben 12 % der Befragten an. 7 % der Jugendlichen führten z. B. unterschiedlichste konkrete Berufe oder eigene Erfahrungen, wie „Verbesserung im Fußball“ an. Nur 3 % von ihnen hatten eine diffuse Begriffsvorstellung.
Hohes Einkommen. 67 % der Befragten beschrieben ein hohes Einkommen mit „viel Geld bekommen“ oder einem konkreten Monatsverdienst, wobei die älteren Jugendlichen (ab Klasse 10) darunter „viel Geld bekommen“ verstanden und die Siebtklässler zumeist konkrete Geldbeträge angaben. Die genannten Beträge lagen z. B. im Bereich von 4000 € bis 8000 €. Es gab aber auch unrealistisch hohe Angaben, die zeigen, dass bei einigen Jugendlichen ein Bezug zu Verdienstmöglichkeiten noch nicht entwickelt ist. Die Angaben „genug Geld für eine Familie verdienen“ (7 %) und „genug Geld für ein gutes Leben“ (5 %) repräsentieren eher eine bescheidene Haltung. 4 % der Befragten verbanden mit hohem Einkommen eine Führungsposition im Unternehmen und 5 % von ihnen „harte Arbeit“. Hier zeigt sich, dass die Jugendlichen eine realistische Einschätzung von der späteren Berufswelt haben. Sie verstehen, dass für ein hohes Einkommen bestimmte Voraussetzungen, wie eine Führungsposition oder ein hoher Arbeitseinsatz, erfüllt sein müssen.
Eigene Ideen verwirklichen. Den Terminus definierten 62 % der Befragten mit „eigene Interessen, Ideen und Ziele einbringen“, während 6 % der Befragten die Antwort ausließen bzw. „ich weiß nicht“ angaben. 5 % der Befragten formulierten den Begriff um. Die Jugendlichen sehen auch hier den direkten Bezug zu ihrem Alltag in Schule und Freizeit, wie Ideen in einem Schulprojekt umsetzen oder eine Unternehmung mit Freunden planen.

Unbekanntes erforschen. Der wissenschaftlich konnotierte Begriff wurde von 61 % der Befragten mit „Neues erforschen“ beschrieben, 8 % von ihnen verstanden darunter etwas Neues auszuprobieren, sodass ein adäquates Begriffsverständnis vorliegt. Auffällig ist, dass 13 % der Befragten keine Antwort gaben und zu 10 % vage Angaben und Umformulierungen der ursprünglichen Vorgabe vorliegen. Ähnliches gilt für den folgenden Begriff:
Selbstständiges Entscheiden. Er wurde von 50 % der Befragten mit die „eigene Meinung durchsetzen“ und von 21 % der Befragten mit „Chef sein“ beschrieben. Auch hier sind die Umformulierungen mit einem 5-%-Anteil und keine Antwort/„ich weiß nicht“ (9 %) gering.
Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Es fällt auf, dass 46 % der Befragten die angemessene Erklärung anboten, der Beruf ermögliche es, sich um die eigene Familie zu kümmern. Zugleich ist der Anteil der Befragten, die keine Antwort bzw. „ich weiß nicht“-Antworten gaben, mit 17 % hoch. 16 % der Befragten gaben eine Fehlinterpretation, indem sie annahmen, die Familie müsse mit dem Beruf einverstanden sein. Es besteht folglich Klärungsbedarf.
Bei den folgenden Begriffen liegt die zutreffende Interpretation der Befragten unter 40 %. Diese Begriffe scheinen für die Jugendlichen schwerer fassbar zu sein, da sie nicht direkt in deren Alltagswelt vorkommen. Die Interpretationen waren entsprechend vielfältig.
Nützlich für die Allgemeinheit. 38 % der Befragten beschrieben den Begriff mit „viele Menschen profitieren“ und 24 % der Befragten mit „Hilfsbereitschaft“. Der Anteil derer, die keine Vorstellung zu dem Begriff haben (keine Antwort/„ich weiß nicht“), ist mit 17 % sehr hoch; dazu kommt noch ein Anteil von 10 % mit nur vagen Antworten.
Flexible Arbeitszeit. Der Begriff wurde von 35 % der Befragten mit der „Arbeitnehmer bestimmt die Arbeitszeiten selbst“ erklärt. Es gab außerdem eine Vielzahl von Deutungen wie „Schichtarbeit“ (7 %) und „feste Arbeitszeiten“ (3 %) oder auch der „Arbeitgeber darf Arbeitszeiten anpassen“ (5 %). 8 % der Befragten konnten den Begriff nicht beschreiben (keine Antwort/„ich weiß nicht“) und 5 % der Befragten gaben vage Antworten.
Wissenschaftliche Tätigkeit. Interessant ist, dass 33 % der Befragten unter diesem Terminus eine „Tätigkeit, bei der man forscht“ verstanden und weitere 30 % der Befragten aussagten, dies entspräche einer naturwissenschaftlichen Tätigkeit. Hier zeigt sich, wie wichtig es ist, das Berufsbild von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern realistisch in allen Facetten und Möglichkeiten aufzuzeigen.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die Erhebungen zeigen auf, dass die Auffassung von den im Coaching verwendeten Begriffen von den Erfahrungen der Jugendlichen abhängt. Sie können einige Begriffe gut von ihrer Lebenssituation auf ihre Zukunft übertragen. Bei Begriffen, die außerhalb der Felder Schule und Freizeit liegen, fällt es einigen Jugendlichen schwer, eine Deutung zu finden. Die Befunde dienen als Korrektiv für die Weiterentwicklung des Coachings im Projekt DiSenSu. Dies betrifft Begriffsunklarheiten, die bei der Einführung des digitalen Tools vorab geklärt werden, wobei die Coachin erspürt, in welchem Bereich Klärungsbedarf bei den Jugendlichen besteht. Die bisherigen Erfahrungen mit der IT-unterstützten Präferenzrangliste sind durchweg positiv. Die Interviews haben gezeigt, dass die Teilnehmerinnen sich durch den zweiten Schritt des paarweisen Vergleichs der Berufsansprüche intensiv mit ihren eigenen Berufsansprüchen beschäftigen. Im Gespräch bietet sich ihnen die Möglichkeit, diese Vorstellung mit einem konkreten naturwissenschaftlichen Berufsprofil abzugleichen. So erhalten die jungen Frauen einen echten diversity-sensiblen Support auf ihrem Weg zur Berufsfindung.

Förderung

Das Projekt DiSenSu (DiversitySensiblerSupport) wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

Acatech/Körber-Stiftung (2014). MINT-Nachwuchsbarometer 2014. Hamburg, 68-70.

Anger, C., Koppel, O., Plünnecke, A., Röben & Schüler, R. M. (2019). MINT-Frühjahrsreport 2019: MINT und Innovationen – Erfolge und Handlungsbedarfe. Institut der deutschen Wirtschaft Köln.

Färber, C., Arslan, N., Köhnen, M. & Parlar, R. (2008). Migration, Geschlecht und Arbeit. Probleme und Potenziale von Migrantinnen auf dem Arbeitsmarkt. Opladen: Budrich.

Hammann, M. & Jördens, J. (2014). Offene Aufgaben codieren. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Heidelberg: Springer, 169-178.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3-18.

Markic, S., Prechtl, M., Hönig, M., Küsel, J., Rüschenpöhler, L. & Stubbe, U. (2018). DiSenSu. Diversity Sensitive Support for Girls with Migration Background for STEM Careers. In I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Hrsg.), Building bridges across disciplines. Aachen: Shaker, 215-218.

Prechtl, M. & Stubbe, U. (2019). Gender-/Diversitysensible Berufsorientierung mit DiSenSu. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Regensburg: Universität Regensburg, 644-647.

Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Heidelberg: Springer, 179-188.

Schlemmer, E. & Binder, M. (Hrsg.) (2019). MINT oder CARE? Berufs- und Studienfachwahl von Frauen und Eckpunkte einer gendersensiblen Berufsorientierung. Weinheim: Beltz/Juventa.

Spitzer, P. (2017). Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht. Diss., Universität Siegen.

Tatjana Jesserich
Markus Prechtl
Technische Universität Darmstadt

Komparative Diskursanalyse zu Focus Groups zu zwei Fotostories im berufsorientierenden Projekt DiSenSu

Hintergrund

Das Projekt DiSenSu (vgl. Markic, Prechtl, Hönig, Küsel, Rüschenpöhler & Stubbe, 2018; Prechtl & Stubbe, 2019; www.disensu.de) bietet Schülerinnen mit Migrationshintergrund verschiedene Aufgaben, die ihnen dabei helfen sollen, zu erkunden, ob ein Beruf in den Naturwissenschaften zu ihnen passt. Während eines Coachings, bestehend aus einem IT-unterstützten Tool und einem Gespräch mit einer Expertin, werden sich die Schülerinnen ihrer Potenziale bewusst. Außerdem werden sie über Chemie-Berufe informiert. Im Rahmen der gender- und diversity-sensiblen berufsorientierenden Maßnahme erhalten sie zudem eine Fotostory zu weiblichen Vorbildern in Chemie mit einer motivierenden Botschaft (vgl. Prechtl & Spitzer, 2019). Zu dieser intendierten Botschaft zählt die Verbindung von Kompetenz und Diversität. Sie soll die Mädchen dazu ermutigen, ihre Leistungen selbstbewusst zu bewerten und eine Karriere in einem MINT-Berufsfeld zu erwägen. Die projektbegleitende Forschung widmet sich der Frage, ob sich die Handlung und Darstellungsweisen der Fotostory eignen, um die Schülerinnen zu motivieren, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen.
Das mediale Format Fotostory wird verwendet, da sich Bildsequenzen dazu eignen, Vorbilder zu präsentieren, die einer positiven Selbstwirksamkeit dienliche Attributionen repräsentieren bzw. erläutern. Studien von Ziegler & Schober (2001) und Perry & Penner (1990) zeigen, dass der Effekt derartiger Strategien bemerkenswert ist. Beide Gruppen benutzten kurze Filme, in denen Menschen erwünschte Attributionsstile thematisierten. Die Personen, die die Filme gesehen hatten, zeigten in der Folge vorteilhaftere Attributionsstile, sodass die Interventionen zu einer Verbesserung der Leistungsbenotung und Partizipation an Bildungsprozessen führten.

Methodik

Die qualitative DiSenSu-Studie befasst sich mit zwei Fotostories, die nacheinander erstellt wurden. Zur Untersuchung der Forschungsfrage wurde die erste Fotostory mit der Methode der Gruppendiskussion (vgl. Bogner, Littig & Menz, 2014; Loos & Schäfer, 2001) in zwei Focus Groups diskutiert, deren Mitglieder sich in ihren Expertisen unterschieden – Focus-Group-1: Chemie, Focus-Group-2: Diversität. Für die Evaluation der Gruppendiskussionen wurden die Interviews transkribiert, mit MAXQDA vorbereitet und analysiert. Danach wurden die Transkripte komparativ analysiert. Auf der Grundlage der Befunde aus der ersten Studie wurde eine weitere Fotostory erstellt und anschließend auf dieselbe Weise, d.h. ebenfalls in zwei Focus-Groups mit unterschiedlicher Expertise der interviewten Personen, evaluiert. Beide Ergebnisse wurden verglichen und führten zu der hier dargelegten Folgerung.

Ergebnisse aus der Analyse der ersten DiSenSu-Fotostory

Die Analyse der ersten Fotostory erbrachte die folgenden Befunde: die Diversitätsexperten besprachen ausgiebig die Identifikationsmöglichkeit der Mädchen mit Migrationshintergrund mit den Protagonistinnen der Fotostory mit einem Anteil von 23,4 Prozent an der Diskussion, die Handlung (22,7 %) und das Konzept der Fotostory (16,3 %) sowie das Thema „Gender“ (17,3 %). Auch die Darstellungsweise des Labors und der Charaktere (11,3 %) sowie deren Migrationshintergrund (9,3 %) und die Möglichkeit der Darstellung mentaler und physischer Beeinträchtigung (7,2 %) wurden diskutiert. Kurz wurde auch die Option der Darstellung von sexueller Orientierung angesprochen (1,3 %). Die Chemieexperten fokussierten sich auf die Handlung (41 %) und das Konzept (28,6 %) der Fotostory. Die Möglichkeit der Identifikation

der Mädchen mit Migrationshintergrund mit den Protagonistinnen der Fotostory (12,5 %), die Darstellung des Labors und der Charaktere (9,2 %), deren Migrationshintergrund (6,7 %), und „Gender“ (5,9 %) wurden ebenfalls besprochen.
Insgesamt wurde die Fotostory für die Darstellung von Frauen mit Migrationshintergrund in einem MINT-Berufsfeld gelobt. Allerdings wurde auch sehr viel Kritik geübt. Laut Aussage der an der Diskussion teilnehmenden Personen sei die Handlung fehlerhaft, die Botschaft „plump“ präsentiert worden und die Inszenierung von Gender und Migrationshintergrund wirkten „aufgezwungen“. Auch die Illustrationen der Protagonistinnen und des Labors wurden stark kritisiert: es fehlten Laborkittel, das Labor sei in einem „gefährlich[en]” Zustand und die Frauenkörper erschienen „barbiehaft“. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass beide Gruppen die Darbietung von ausschließlich zwei Frauen in einem Labor als unrealistisch empfanden; es fehle ein Mann, damit die Situation realistischer wirke. Interessant war zudem der Umstand, dass die Hautfarbe der Charaktere mit Kompetenz in Verbindung gebracht wurde: im Gegensatz zu den gängigen Vorurteilen sei es in dieser Fotostory umgekehrt, da in dieser Geschichte die inkompetenteste Person eine helle Hautfarbe und die kompetenteste Person eine dunkle Hautfarbe hat, so eine Bekundung. Exemplarisch werden Äußerungen der Diversitäts- und Chemieexperten zu der ersten Fotostory aufgeführt:

- *„Naja, umso realistischer die Darstellung ist, umso eher identifiziere ich mich. (…) Aber ich würde mich (…) mit dieser puppenartigen Person nicht so wirklich identifizieren können.“* (00:43:07 – 00:43:49)
- *„Jetzt sind‘s nur drei. Ist für mich natürlich auch ein wenig gewöhnungsbedürftig, so unrealistisch, ein bisschen gekünstelt wirkt. Ähm, wenn da noch andere Personen wären, vielleicht ein Mann dazwischen, würde die Sache, das auch nicht so, ähm, unrealistisch gestalten“* (00:17:00 - 00:19:06)
- *„Mir ist auch übrigens aufgefallen, dass da ja verschiedene Hautfarben genutzt werden. Wobei mit der dunkleren Hautfarbe hier die Expertise steigt.“* (00:01:14 – 00:01:31)
- *„Je heller, umso unwissender in diesem Moment. Ähm, aber, ähm, ich konnte es jetzt mal so ein bisschen entgegen dem, was man normalerweise sieht, nämlich ist es oft umgekehrt vom Gefühl her.“* (00:01:34 – 00:02:06)

Ergebnisse aus der Analyse der zweiten DiSenSu-Fotostory
Die Diversitätsexperten diskutierten insbesondere die Darstellungsweise von Labor und Charakteren (35,3 %), die Handlung (33,8 %) und das Konzept (24,8 %) der Fotostory. Der Migrationshintergrund (3,7 %) und die Identifikationsmöglichkeit der Schülerinnen mit Migrationshintergrund mit den Protagonistinnen der Fotostory (3,2 %) sowie der Aspekt „Gender“ (1,2 %) wurden relativ kurz besprochen. Die Chemieexperten fokussierten sich auf die Darstellungsweise des Labors und der Charaktere (34,9 %) und die Handlung der Fotostory (33,1 %). Das Konzept (8,7 %) der Fotostory, der Migrationshintergrund der Protagonistinnen (8,3 %) und das Thema „Gender“ (6,0 %) wurden kürzer besprochen.
Insgesamt wurde die zweite Fotostory für das Aussehen der Protagonistinnen, die Darstellung von kompetenten Frauen mit Charakter und die positive Darstellung von Menschen mit Migrationshintergrund ausdrücklich gelobt. Zum Beispiel wurde die Angestellte mit Kopftuch als empathisch und dadurch als sympathisch wahrgenommen. Es war kein Problem mehr, dass lediglich zwei Frauen dargestellt wurden. Kritisch gesehen wurden hingegen Illustrationen von Prozessen und Handlungen; den Interviewten erschienen diese nicht detailliert genug. Auch das Niveau der Fotostory wurde diskutiert. Es wurde erwogen, ob es für die Zielgruppe zu hoch sei. Exemplarisch werden Äußerungen aus den Interviews aufgeführt:

- *„Was ich gut fand auf der ersten – ähm, hier beim ersten Bild: „Teil einer Forschungsgruppe“. Das nimmt das Ganze mit diesem weiblichen / männlichen und wer ist da jetzt in dieser Gruppe – und warum sind das jetzt nur zwei – nimmt das komplett weg.“* (00:24:40 – 00:24:52)

- *„Ich wollte darauf noch eingehen, ähm – abgesehen von der Darstellung – gefällt mir sehr, dass die Forscherin mit dem Kopftuch so selbstverständlich auftritt. Also, da ist überhaupt keine Frage, ob die kompetent ist oder nicht. Sondern die ist da – die ist die Forscherin – die leitet an – die hat Ahnung – so und, ähm, das kommt so subtil rüber. Also, da ist je-jetzt kein gro-großes Fass aufgemacht – hallo ich bin die Forscherin. Ich weiß über alles Bescheid' – sondern es, ähm, es kommt halt so im Dialog rüber. Das finde ich, ähm, ist sehr gut gelungen. Das, ähm – da kommt auch kein Zweifel auf – von wegen die mit dem Kopftuch, ob die das weiß' – Nein-nein, die weiß das. Und die kann das auch der Leyla beibringen."* (00:48:27 – 00:49:14)
- *„Ich finde das cool mit der Zentrifuge. Ich finde die ist schön dargestellt, nur was mir auffällt, wenn wir über die Korrektheit sprechen. Eine Zentrifuge würde niemals offen sein. Never ever. Und, ähm, ich weiß jetzt nicht, wie man das darstellen soll, so dass man – vielleicht ein Kasten. Weil das Problem ist, das ist ein mega-krasses Sicherheitsding. Ähm das ist auf jeden Fall, ähm, das würde es alleine wegen der ganzen Reibung und so nicht geben."* (00:36:44 – 00:37:13)

Die DiSenSu-Fotostory „Auf die Probe gestellt – Leylas erster Tag im Labor" ist online verfügbar: www.disensu.de/comics (letzter Zugriff: 10.10.2019).

Vergleich der Diskussionen zu den beiden Fotostories

In allen Diskussionen lag der Fokus auf der Handlung und Konzeption der Geschichte. Im Vergleich mit der Analyse der ersten Fotostory, mit einem Schwerpunkt auf der Identifikation, betraf die Analyse der zweiten Fotostory deutlicher die Art der Darstellung an sich.

Schlussfolgerung

In Anbetracht der vorgelegten Befunde sind hinsichtlich der Erstellung von Begleitmaterial, das junge Frauen mit Migrationshintergrund ermutigen soll, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen, einige Gütekriterien zu beachten: erstens sollte das Niveau der Handlung und der Sprache für die Schülerinnen angemessen sein; zweitens ist die akkurate Darstellung von Handlungen und naturwissenschaftlicher Praxis eine notwendige Voraussetzung für eine sinnstiftende Kontextualisierung; drittens ist die Darstellung eines realistischen Körperbaus der weiblichen Role Models und die positive Inszenierung des Migrationshintergrunds einer Person unabdingbar. Bei der bildlichen Darstellung von Frauen und Migrantinnen dürfen keine Stereotypen reproduziert werden. Es sollten kompetente Expertinnen in authentischen Kontexten gezeigt werden. Variationen des Aussehens und Verhaltens sind wünschenswert. Resümierend kann festgehalten werden, dass bei Beachtung der angeführten Empfehlungen für das Erstellen von gender- und diversity-sensiblem berufsorientierenden Begleitmaterial, Fotostorys Schülerinnen dazu in positiver Weise anregen können, sich mit der Idee, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen, auseinanderzusetzen.

Förderung

Das Projekt DiSenSu „DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufsorientierung für weibliche Adoleszenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden" wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei der Autorin und bei dem Autor.

Literatur

Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (2014). *Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung.* Wiesbaden: Springer VS.

Loos, P. & Schäfer, B. (2001). *Das Gruppendiskussionsverfahren. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendung.* Opladen: Leske + Budrich.

Markic, S., Prechtl, M., Hönig, M., Küsel, J., Rüschenpöhler, L. & Stubbe, U. (2018). *DiSenSu. Diversity Sensitive Support for Girls with Migration Background for STEM Careers*. In I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Hrsg.), Building bridges across disciplines. Aachen: Shaker, 215-218.

Perry, R. P. & Penner, K. S. (1990). *Enhancing academic achievement in college students through attributional retraining and instruction.* Journal of Educational Psychology, 82, 262-271.

Prechtl, M. & Spitzer, P. (2019). *Innovative Role-Model-Konzepte und außerschulische Lernarrangements für eine gendersensible Berufsorientierung im Fach Chemie.* In E. Schlemmer & M. Binder (Hrsg.), MINT oder CARE? Berufs- und Studienfachwahl von Frauen und Eckpunkte einer gendersensiblen Berufsorientierung. Weinheim: Beltz/Juventa, 151-166.

Prechtl, M. & Stubbe, U. (2019). *Gender-/Diversitysensible Berufsorientierung mit DiSenSu*. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Regensburg: Universität Regensburg, 644-647.

Ziegler, A. & Schober, B. (2001). *Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung von Reattributions-trainings.* Regensburg: Roderer.

Ann-Katrin Krebs PH Schwäbisch Gmünd
Lutz Kasper

Teaching MINT^{D} – Diversitätsorientierte Lehre und Lehramtsausbildung in den Fächern Physik und Technik

Hohe Studienabbruchsquoten (vgl. DZHW 2018, S. 346) und niedrige Ausbildungszahlen (vgl. BMBF 2017, S. 38, S. 75) führen bereits heute in einigen Berufsfeldern im MINT[1]-Bereich zu Nachwuchsengpässen. Es fehlt an Fachkräften und insbesondere an Fachkräftenachwuchs. Dabei könnte man meinen, dass die Aussicht auf gute Zukunftschancen, feste Arbeitsstellen und interessante Arbeitsfelder Grund genug für die Berufswahl im MINT-Bereich sein sollten. Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler (SuS) als auch Innovation in den Fachbereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik sind entscheidende Faktoren für die Wahl eines Berufes im MINT-Bereich. Insbesondere die geringe Frauenquote in diesen Berufsfeldern stellt ein Fachkräftepotential dar, welches bisher noch nicht ausgeschöpft wurde (vgl. Augustin-Dittmann und Gotzmann 2015, Aeschlimann et al. 2015).

Oftmals werden die Weichen für eine zukünftige Berufswahl im MINT-Bereich bereits in der Schule gestellt. Wie der Fachunterricht gestaltet wird, inwieweit SuS sich angesprochen fühlen und sich mittels Aufgaben und Inhalten in ihrem Alltag wiederfinden, können Faktoren sein, die maßgeblich für die Berufswahl verantwortlich sind (vgl. Viehoff 2015; Von Reden 2015).

Dass auch beim MINT-Lehrkräftenachwuchs geringe Zahlen zu verzeichnen sind, verschärft die Situation zusätzlich, in welcher sich der Innovationsstandort Deutschland befindet (vgl. acatech und Körber-Stiftung 2017). Ohne MINT-Fachlehrkräfte, welche zukünftig SuS für ihr Fach begeistern und für die MINT-Fächer motivieren können, werden sich auch immer weniger SuS für einen Beruf im MINT-Bereich interessieren und ihre Profession darin suchen.

Neben den fehlenden Lehrkräften können auch die didaktischen und methodischen Umsetzungen im Unterricht sowie Inhalte und Zielsetzungen das Interesse (vgl. Elster 2007) und damit die spätere Berufswahl der SuS beeinflussen und ggfs. dazu führen, dass sich weniger SuS für einen Beruf oder ein Studium im MINT-Bereich entscheiden.
Um vorhandene Gründe zu überprüfen und weitere zu erschließen, warum sich SuS seltener für einen Beruf oder ein Studium im MINT-Bereich entscheiden, soll der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern in der Sekundarstufe von allgemeinbildenden Schulen unter Diversitäts- und Gender-Aspekten betrachtet werden.

Das Projekt „Teaching MINT^{D}" ist ein vom Land Baden-Württemberg, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst gefördertes Projekt, welches auf die Förderung von diversitätsorientierter und gendersensibler Lehre und Lehramtsausbildung fokussiert.
Die Ziele des Projekts sind eine langfristige Erhöhung der entsprechenden Professionalisierung aller Lehrkräfte durch Fortbildungsangebote, eine Erhöhung der Diversitätskompetenz aller Physik- und Technik-Lehramtsstudierenden durch ein fachdidaktisch fundiertes Studienkonzept sowie die Gewinnung von mehr Studenten und – vor allem – Studentinnen für das Physik- und Technik-Lehramt durch ein diversitätsorientiertes Studienprofil. Über einen mehrstufigen Forschungsansatz werden anhand aktueller Erkenntnisse in den Bereichen Diversität, Gender und Fachdidaktik der

[1] **M**athematik, **I**nformatik, **N**aturwissenschaften und **T**echnik

Fächer Physik und Technik Elemente identifiziert, die im aktuellen Unterrichtsgeschehen erprobt und nach einer intensiven Analyse in die Lehramtsausbildung implementiert werden. Es soll hierbei untersucht werden, welche Diversitäts- und Gender-Kompetenzen bereits bei den Lehrkräften im Fachunterricht Physik und Technik vorhanden sind, inwieweit die Lehrkräfte diese in ihren Unterricht integrieren und wie der Unterricht auf die SuS wirkt.
Hierzu wird die Sekundarstufe 1 an allgemeinbildenden Schulen gewählt und für die Fächer Physik, Technik, BNT und NwT jeweils eigene Beobachtungsbögen entwickelt. Diese dienen zur Beobachtung des Unterrichtsgeschehens mit Fokus auf die Lehrkraft des Faches. Die Beobachtungsbögen wurden auf Basis aktueller Forschung in den Bereichen Diversität und Gender[(1)], aus Schule und MINT-Unterricht[(2)] sowie mit Hilfe der aktuellen Bildungspläne für das Land Baden-Württemberg erstellt und pilotiert.
Aus den daraus gewonnenen Daten soll im Anschluss eine Intervention in Form von Workshops für Lehrkräfte konzipiert werden, welche die Beeinflussung der Diversitäts- und Gender-Kompetenzen der Lehrkräfte zum Ziel haben. Inwieweit ein Einfluss dieser Fortbildungsmodule auf den späteren Unterricht dieser Lehrkräfte besteht, soll durch Interviews sowie durch zeitlich zu den Workshops abgestimmte Fragebogenerhebungen bei den SuS ermittelt werden.

Erste Ergebnisse aus den Unterrichtsbeobachtungen im Fach Physik
Der Beobachtungsbogen im Fach Physik wurde in insgesamt 38 Hospitationsstunden eingesetzt. Auf Basis eines Beobachtungsmanuals wurden die Unterrichtsbeobachtungen zu 55,26% von jeweils mindestens zwei Personen durchgeführt.
Der Beobachtungsbogen beinhaltet die Kriterien „Arbeitsmaterial“, „Sprache“, „Methoden“, „Inhalt des Fachunterrichts“ sowie „Interaktion“ und wird in typische Unterrichtsstunden-Abschnitte wie Einleitung, Arbeitsphase und Schluss unterteilt. Im Fokus der Beobachtung ist die jeweils unterrichtende Lehrkraft. Beispielsweise wird erhoben, wie die Lehrkraft die SuS anspricht, ob die gesprochene und schriftliche Sprache diversitätsorientiert und gendergerecht ist, ob im Unterricht Methoden zur inneren Differenzierung zum Einsatz kommen und ob der Alltag der SuS in den Unterricht miteinbezogen wird.

Im folgenden Abschnitt wird ein Auszug der Datenauswertung dargestellt:

Sprache 1: Lehrkraft nutzt genderneutrale Anreden
Ja: Personalpronomen werden genutzt (ich, du, ihr, wir, euch),
Nein: SuS werden ihrem Geschlecht entsprechend angesprochen (die Mädchen, die Jungen)

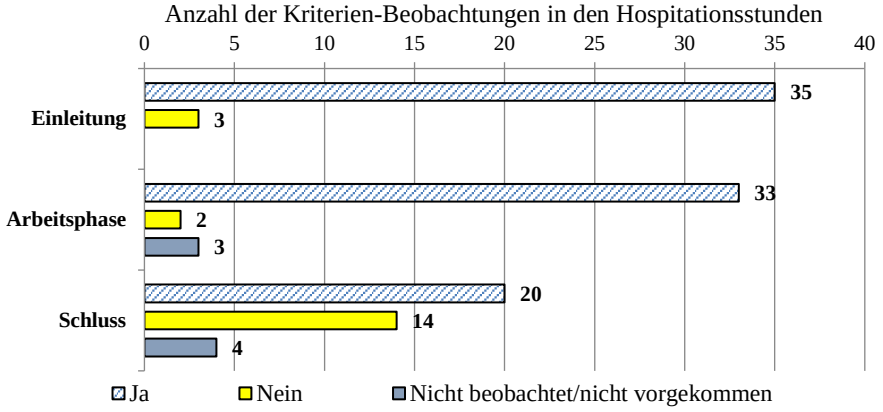


Abb. 1: Auswertung der Beobachtungsbögen im Fach Physik, Kriterium Sprache 1. Es wird deutlich, dass gegen Ende der beobachteten Unterrichtsstunde die genderneutralen Anreden der Lehrkraft abnehmen.

Methoden 3: Unterricht ist schülerzentriert.
Ja: Unterricht entsteht aus Schüleraktivität, SuS wirken aktiv an Unterricht mit, SuS führen Schülerexperiment bzw. Demoexperiment durch
Nein: LK leitet aktiv den Unterricht, gesteuerter LK-SuS-Dialog (LK stellt Fragen, SuS antworten), LK führt Demoexperimente selbst durch

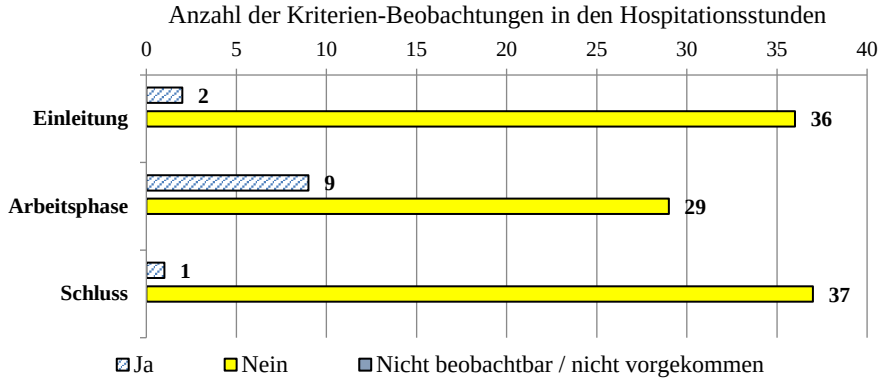


Abb. 2: Auswertung der Beobachtungsbögen im Fach Physik, Kriterium Methoden 3. Der Physik-Unterricht in der Sekundarstufe I ist sehr selten schülerzentriert. In den meisten Fällen lenkt die Lehrkraft aktiv den Unterricht und führt Demoexperimente selbst durch.

Das Kriterium „Inhalt des Fachunterrichts“ zeigte unter dem Punkt *Wenn Berufsorientierung thematisiert wird, ist diese gendersensibel* auf, dass im Physik-Unterricht sehr selten eine Berufsorientierung stattfindet, und wenn, dann ist diese nicht gendersensibel. Wenn ein Beruf im physikalischen Bereich genannt wurde – beispielsweise Forschung an Hochschulen – so wurde dieser mit der männlichen Form „Physiker“ benannt. Eine gendersensible Nennung des weiblichen Pendants „Physikerin“ kam nicht vor.

Ausblick auf die Workshops und ein Promotionsvorhaben

Aus den vorliegenden Unterrichtsbeobachtungen werden derzeit Workshopinhalte ausgearbeitet, die sich mit den Schwerpunkten *Sprache*, *Methoden* und *Inhalt des Fachunterrichts* beschäftigen. Der erste Workshop, der Mitte Oktober 2019 stattfindet, fokussiert auf den Themenbereich *Sprache* und wie diese im Fachunterricht gezielt diversitätsorientiert und gendersensibel eingesetzt werden kann. Die Workshops werden mit den zuvor beobachteten Lehrkräften durchgeführt.

Über das Promotionsvorhaben werden die Physik-Lehrkräfte zwischen den einzelnen Workshops zu deren Inhalt und der Praxistauglichkeit interviewt, die SuS der teilnehmenden Lehrkräfte werden zum Autonomieempfinden, zu Alltagsbezug und Erfahrungen sowie zum Schwierigkeitsempfinden des Fachs Physik mittels pilotiertem Fragebogen befragt. Ziel ist es, praxistaugliche und erfolgreiche Elemente aus den Workshops zu identifizieren und diese dann aufbereitet zunächst in das Lehramtsstudium der PH Schwäbisch Gmünd zu implementieren. Dabei steht sowohl die Praxistauglichkeit für die Lehrkräfte als auch die Wirkung dieser Elemente auf die SuS im Fokus des Promotionsvorhabens. Bei erfolgreicher Implementierung lernen Lehramtsstudierende des Faches Physik Vorgehensweisen und Methoden kennen, um ihren Unterricht diversitätsorientierter und gendersensibler zu gestalten.

Weitere Informationen zum Projekt sind auf der Projekt-Website unter www.teachingminthochd.de zu finden.

Literatur

acatech; Körber-Stiftung (Hg.) (2017): MINT-Nachwuchsbarometer 2017. Fokusthema: Bildung in der digitalen Transformation. Online verfügbar unter https://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user_upload/koerber-stiftung/redaktion/mint_nachwuchsbarometer/pdf/2017/MINT-Nachwuchsbarometer-Booklet.pdf.

Aeschlimann, Belinda; Herzog, Walter; Makarova, Elena (2015): Frauen in MINT-Berufen. Retrospektive Wahrnehmung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Sekundarstufe I. In: *Z f Bildungsforsch* 5 (1), S. 37–49. DOI: 10.1007/s35834-014-0111-y.

Augustin-Dittmann, Sandra; Gotzmann, Helga (Hg.) (2015): MINT gewinnt Schülerinnen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Augustin-Dittmann, Sandra; Gotzmann, Helga (2015) (2): Fazit und Empfehlungen: Was macht MINT-Projekte für Schülerinnen erfolgreich? In: Sandra Augustin-Dittmann und Helga Gotzmann (Hg.): MINT gewinnt Schülerinnen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 127–142.

BMBF (Hg.) (2017): Berufsbildungsbericht 2017. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referat Grundsatzfragen der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/pub/Berufsbildungsbericht_2017.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2018.

Dreas, Susanne; Rastetter, Daniela (2016) (1): Die Entwicklung von Diversity Kompetenz als Veränderungsprozess. In: Petia Genkova und Tobias Ringeisen (Hg.): Handbuch Diversity Kompetenz. Band 1: Perspektiven und Anwendungsfelder : mit 83 Abbildungen und 24 Tabellen. Wiesbaden: Springer (Springer Reference Psychologie), S. 351–368.

DZHW (2018): Bildung in Deutschland 2018. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Wirkungen und Erträgen von Bildung. Bielefeld: wbv Media.

Elster, Doris (2007): Zum Interesse Jugendlicher an naturwissenschaftlichen Inhalten und Kontexten. Ergebnisse der ROSE-Erhebung.

Faulstich-Wieland, Hannelore (2004) (2): Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule. Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg. Universität Hamburg.

Lembens, Anja; Bartosch, Ilse (2012) (2): Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik. In: Marita Kampshoff und Claudia Wiepcke (Hg.): Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 83–97.

Pädagogische Hochschule Bern (2007) (1): Geschlechtergerecht sprechen und schreiben. 7 Tipps für den Berufs- und Studienalltag. Hg. v. Kommission für die Gleichstellung von Frauen und Männern. Bern.

Stadt Wien (2007a) (1, 2): Gendersensibilität im Lehrprozess (Leitfaden für gendersensible Didaktik, 2).

Stadt Wien (2007b) (1, 2): Grundlagen der Gendersensibilität in der Lehre (Leitfaden für gendersensible Didaktik, 1).

Viehoff, Eva (2015): MINT-Image und Studien- und Berufswahlverhalten von jungen Frauen und Mädchen. In: Sandra Augustin-Dittmann und Helga Gotzmann (Hg.): MINT gewinnt Schülerinnen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 79–91.

Von Reden, Armgard (2015): Gender: Ein Element bei der Berufswahl von MINT-Fächern als Herausforderung für Wissenschaft, Universitäten und Wirtschaft. In: Sandra Augustin-Dittmann und Helga Gotzmann (Hg.): MINT gewinnt Schülerinnen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 53-62.

Ralph Hansmann Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Entwicklung von Physikunterricht mithilfe individueller Rückmeldungen

Ziel und Idee

Durch das Bestreben Unterricht bzw. Physikunterricht stetig zu verbessern und deshalb den eigenen Unterricht zu beforschen, entwickelte sich aus jahrelanger Unterrichtspraxis ein individuelles Befragungsinstrumentarium: ein leeres Blatt Papier! Mithilfe dieser sogenannten „Aktionsforschung“ (Altrichter & Posch, 2007, S. 13) gelang es, höchst vielfältige und teilweise sehr differenzierte Rückmeldungen einzuholen. Die so gewonnenen Rückmeldungen verhalfen den Physikunterricht bzw. die physikalischen Lehr-Lern-Situationen positiv zu entwickeln, was von den Lernenden entsprechend zurückgemeldet wurde.

Was melden die Lernenden zurück?

Zur Auswertung der Rückmeldungen und Beurteilung des Befragungsinstrumentariums wurden insgesamt N = 1164 Rückmeldungen ausgewertet, die von Klassenstufe 2 bis Klassenstufe 10 innerhalb von ca. 10 Jahren gesammelt wurden. Mit dem Programm MAXQDA 12 konnten 42750 Wörter erfasst und 3545 verschiedene Wörter ermittelt werden. Tab. 1 zeigt eine nach Häufigkeit sortierte Liste der von den Lernenden verwendeten Wörter. Dabei wurden für die Evaluation nicht relevanten Wörter (z. B. Artikel, Präpositionen, Zahlwörter usw.) mit einer sogenannten Stoppliste aussortiert.

Tab 1.: Listung der meistgenannten Wörter bei den offenen Rückmeldungen

Rang	Wort	Häufigkeit	%	Dokumente	Dokumente %
1	spaß	389	4,32	342	29,38
2	lernen	267	2,97	238	20,45
3	interessant	230	2,56	212	18,21
4	experiment	194	2,16	169	14,52
5	taucher	169	1,88	133	11,43
6	schön	156	1,73	128	11,00
7	cool	143	1,59	122	10,48
8	erklären	137	1,52	128	11,00
9	versuchen	135	1,50	115	9,88
10	danken	133	1,48	99	8,51
11	dürfen	124	1,38	106	9,11
12	verstehen	100	1,11	86	7,39
13	spannend	87	0,97	84	7,22
14	nett	84	0,93	80	6,87
15	wissen	73	0,81	65	5,58
16	experimentieren	69	0,77	59	5,07
17	basteln	59	0,66	55	4,73
18	arbeit	55	0,61	52	4,47
19	lustig	54	0,60	50	4,30
19	schreiben	54	0,60	51	4,38

Interessant in diesem Kontext ist auch die Untersuchung der durchschnittlichen Wörtermenge. Gibt die zurückgemeldete Wörtermenge – neben den teilweise höchst aufwendigen Grafiken und Zeichnungen – doch einen Hinweis darauf, wie wichtig den Lernenden die Rückmeldungen letztlich waren. Auch wenn viele Faktoren den Umfang der Rückmeldungen beeinflussten (z. B. die Klassenstufe, das Zeitkontingent, die Vertrautheit der Methode, die einstimmende Erklärung oder der Zeitpunkt der Befragung, usw.) gibt die Anzahl der Wörter einen Hinweis auf die Qualität der Rückmeldungen (vgl. Abb. 1).

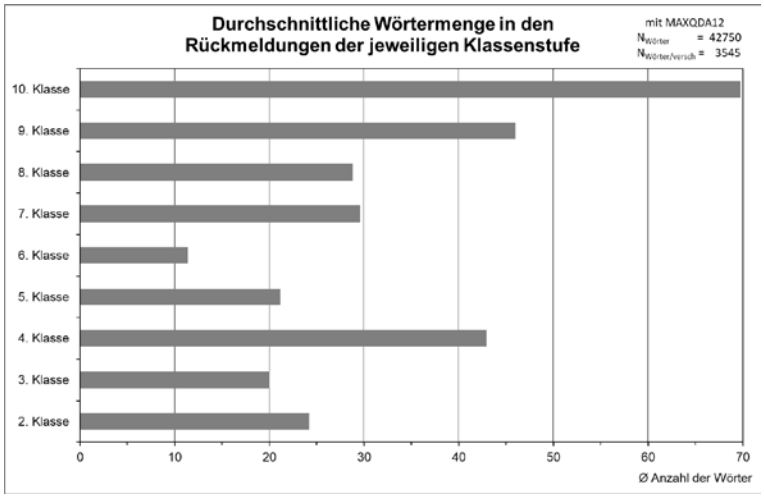


Abb. 1: Durchschnittliche Wörtermenge

Das Befragungsinstrumentarium, das leere Blatt Papier, erlaubte es den Lernenden auch sich mithilfe von Skizzen oder aufwendigen Zeichnungen auszudrücken. Besonders bei den unteren Klassenstufen bedienten sich die Lernenden dieser Möglichkeit. Dies kann deutlich aus der Abb. 2 entnommen werden. Besonders faszinierend waren dabei die teilweise sehr detaillierten Zeichnungen, die die behandelten physikalischen Versuche und Begrifflichkeiten darstellten. Mit zunehmendem Alter brauchen die Lernenden auch sogenannte „Smileys“.

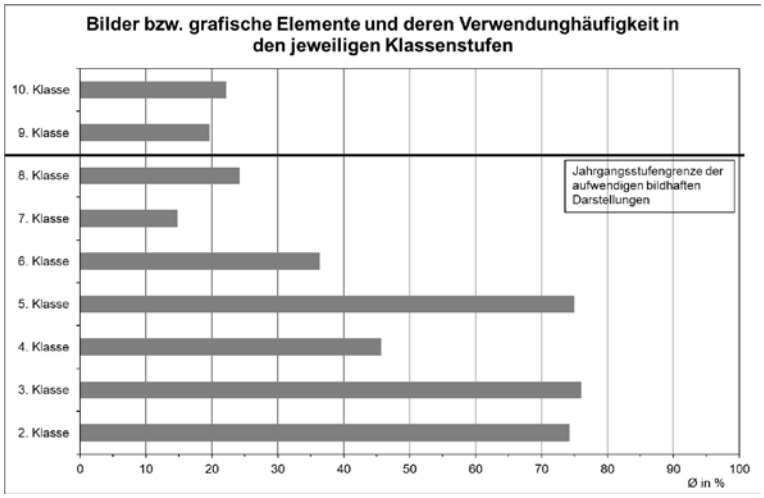


Abb. 2.: Verwendungshäufigkeit von Bildern und Grafiken in der jeweiligen Klassenstufe

Abb. 3 illustriert eindrucksvoll, dass die überwiegende Mehrzahl der aufwendigen Darstellungen völlig korrekt den vermittelten Sachverhalt wiedergaben. Das belegt nicht nur die inhaltliche Qualität der Rückmeldung, sondern ist gleichzeitig ein wertvoller Hinweis für die Lehrperson im Hinblick auf Verständnis des Lernenden und den vermittelten Inhalt.

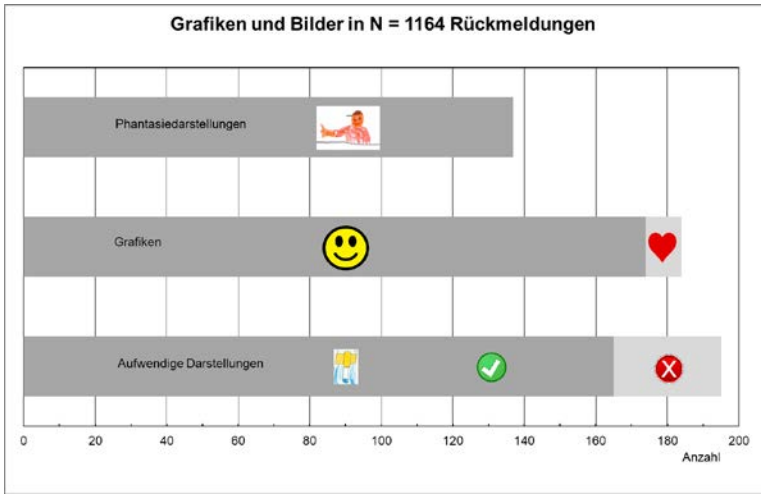


Abb. 3: Anzahl der verwendeten Grafiken und Darstellungen

Wie differenziert sind die Rückmeldungen in den Klassenstufen zwei bis zehn?
Neben der untersuchten Wörterhäufigkeit und den Grafiken, die auch auf ihre Qualität geprüft wurden, ist die Feststellung der Kodierreliabilität ein wichtiges Kriterium, um die Differenziertheit der Rückmeldungen zu untersuchen. Wird die Kodierreliabilität sonst als Gütekriterium verwendet die Validität z. B. von qualitativen Kodierungen zu bestimmen, wurde sie hier gebraucht, um die Komplexität und damit die Differenziertheit der Rückmeldungen zu überprüfen. Ohne Absprachen und ein Kodiermanual konnten die Rückmeldungen bis einschließlich der dritten Klassenstufe mit hoher Übereinstimmung ($\kappa_w = 0{,}79$) kodiert werden. Das spricht für eine recht geringe Differenziertheit der Rückmeldungen. Ab Klassenstufe vier waren die offenen Rückmeldung der Lernenden derart vielfältig, dass die Kodierung ohne Absprachen und Kodiermanual ein sehr schlechte Kodiergüte ergaben ($\kappa_w = 0{,}04$).

Konsequenzen und Fazit
Neben einer Vielzahl vor Attributen bezüglich der Lehrerpersöhnlichkeit (z. B. freundlicher und humorvoller Umgang mit den Lernenden usw.) deuten die Daten daraufhin, dass sich besonders ein hohes Maß an Selbsttätigkeit (z. B. anhand von Versuchen, die die Lernenden individualisiert und damit selbst durchführen) positiv auf die Bewertung und Einschätzung von Physikunterricht auswirkt. Dieses Ergebnis ist analog zu den gängigen Motivationstheorien (z. B. Deci & Ryan, 1993).
Die besondere Wertschätzung der Lernenden durch die offene Form der Befragung ermöglicht es den Kindern und Jugendlichen frei von Fragestellungen und Bewertungsskalen, ihre ganz individuelle Sicht auf den Unterricht und die Lehrperson auf vielfältige Art und Weise auszudrücken und mitzuteilen. Auf diese Weise offenbaren sich Informationen, die mit herkömmlichen Fragebögen erfahrungsgemäß im Verborgenen bleiben würden. Deshalb eignet sich das Instrumentarium hervorragend ab Klassenstufe 4. Aber auch schon ab Klasse 2 sind die Rückmeldungen sehenswert und der Einsatz des Instrumentariums empfehlenswert.

Literatur

Dici, E. & Ryan R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 (2), 223-238

Kuckartz, U. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2., durchges. Aufl. Weinheim/Basel: Beltz Juventa

Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S. & Stefer, C. (2008). Qualitative Evaluation. Der Einstieg in die Praxis. 2., aktual. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Altrichter, H. & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. 4., überarb. u. erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Posch, P. (2019). Individualisierung - Ansätze und Erfahrungen. In: Steffens, U. & Messner, R. (Hrsg.): Unterrichtsqualität. Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Grundlagen der Qualität von Schule 3. Münster: Waxmann, 105-128

Berger, R., Dietlinde, G., Looss, W. & Waack, S. (2013). "Warum fragt ihr nicht einfach uns?". Mit Schüler-Feedback lernwirksam unterrichten. Weinheim/Basel: Beltz

René Dohrmann Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Begabungsförderung aus physikdidaktischer Perspektive: Entwicklung eines Planungsmodells

Im Projekt Dia-MINT-Physik[1] wird an der Freien Universität Berlin davon ausgegangen, dass die Gesellschaft von den physikbezogenen Kompetenzen (hoch-) begabter bzw. (potenziell) leistungsstarker junger Menschen profitieren kann (Roth, 2015). Aufgrund dessen – sowie dem Bedarf nach einer verbesserten individuellen Förderung von Lern- und Leistungspotenzialen bei Schüler*innen (KMK, 2015) – werden grundlegende Theorien, aktuelle Forschungsergebnisse und der Erwerb diagnostischer Kompetenzen zum Thema Begabungsförderung vermehrt auch in der Lehrkräftebildung diskutiert (ebd.).
Das Hauptziel des Projekts Dia-MINT-Physik ist die Entwicklung adaptiver Konzepte für eine diagnosebasierte individuelle Förderung von leistungsstarken und (potenziell) besonders leistungsfähigen Schüler*innen im Regelunterricht des Faches Physik. Paradigmatisch wird sich dabei an den Prämissen der Begabungsförderung orientiert, da sich diese im Gegensatz zur Begabtenförderung *allen* Schüler*innen und deren individuellen Begabungen, die mehr oder weniger starke Ausprägungen aufweisen können, widmet (Zurbriggen, 2011).
In diesem Zusammenhang sollen Maßnahmen und Instrumente entwickelt bzw. adaptiert werden, die eine prozessorientierte Lerndiagnostik ermöglichen und somit zum Erfassen fachlicher Kompetenzen und ‚Potenziale' genutzt werden können. Darüber hinaus werden in Kooperation mit Partnerschulen exemplarische Lernarrangements für den leistungsdifferenzierenden Einsatz im Regelunterricht entwickelt. Diese sollen selbstreguliertes, selbstbestimmtes und forschendes Lernen ermöglichen. Zusätzlich wird im Projekt auch auf die Förderung begabungsdiagnostischer bzw. begabungsfördernder Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte fokussiert. Dazu wird ein Lehr-Lern-Labor-Seminar mit entsprechendem Fokus konzipiert.
Bei der Planung von Unterrichtseinheiten, Aufgabenstellungen und Lernumgebungen durch (angehende) Lehrkräfte kann ein Planungsmodell Orientierung bieten. Dieser Beitrag stellt die Entwicklung eines solchen Modells für einen begabungsdifferenzierenden Unterricht vor. Das Modell ist sowohl als inhaltliche Orientierungshilfe für die Umsetzung von Lehrveranstaltungen, die im Rahmen des Lehramtsstudiums die Gestaltung von Unterricht adressieren, als auch für den Einsatz in der Schule konzipiert worden.

Ausgangslage

Wird davon ausgegangen, dass besonders begabte und leistungsfähige Schüler*innen „als zukünftige Leistungs- und Verantwortungselite einen besonderen Beitrag dazu leisten werden, Deutschlands Zukunft zu sichern" (Meidinger, 2009, S. 160), so ist es von gesamtgesellschaftlichem Interesse, diese Personen zu identifizieren, deren Bedarfe zu erkennen und entsprechende Förderangebote individuell zusammenzustellen. Schule und Unterricht haben daher in jedem Fach die Aufgabe, die Schüler*innen entsprechend ihrer spezifischen und individuellen Potenziale zu fördern und unterstützen damit die Bildungsgerechtigkeit in bedeutendem Maße (KMK, 2015).
Insbesondere die Lehrkräfte sind bei der begabungsförderlichen Ausrichtung ihres Unterrichts gefordert. Dies bedeutet aber nicht, die bisherige Planung vollends umzustrukturieren.

[1] Dia-MINT-Physik wird im Rahmen des Verbundprojekts *LemaS* durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Vielmehr müssen Lehrkräfte eine Sensibilität für die (potenziell) leistungsstärkeren Schüler*innen bzw. für deren adäquate, unterrichtliche Förderung entwickeln, damit sich die Begabung, das Interesse, das Leistungspotenzial besser entfalten kann (Lehfeldt, 2018). Damit dies gelingen kann, „sollte das Diagnostizieren, Fördern und Fordern als bewusster, methodisch kontrollierter und transparenter Prozess zur alltäglichen Routine im Unterrichtsalltag gehören“ (Paradies, 2008, S. 65). Die Realität an deutschen Schulen entspricht dem aber nur eingeschränkt. So konstatiert Wasmann (2013) bei der Identifikation begabter Jungen und Mädchen in der Schule diagnostischen Nachholbedarf unter den Lehrkräften. Außerdem zeigt sich ein großes Defizit in Bezug auf die innere Differenzierung und Individualisierung von Regelunterricht (Nieder & Frühauf, 2012). Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass auch die Einstellungen der Lehrkräfte in Bezug auf die Diagnose und Förderung (hoch-) begabter bzw. (potenziell) leistungsstarker Schüler*innen gewisse Defizite aufweisen (Dieckow, 2019), doch gerade „in der individuellen Begabungsförderung ist die Lehrpersoneneinstellung bedeutsam“ (Fischer, 2019, S. 181).
Die Forschungslage zeigt eine deutliche Notwendigkeit der Verbesserung von Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften in Deutschland in Bezug auf deren Kompetenzen im Bereich der Begabtendiagnose und -förderung (Vock, Preckel & Holling, 2007). Diagnostische und förderbezogene Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften werden nämlich vor allem während des Studiums begründet (Hößle, Hußmann, Michaelis, Niesel & Nührenbörger, 2017). Um entsprechende Maßnahmen umzusetzen, ist es notwendig, bei deren Konzeption auf eine theoretische und planerische Basis rekurrieren zu können. Eine solche bietet das im folgenden Abschnitt vorgestellte Modell.

Entwicklung eines Planungsmodells

Bei der Planung von Lernumgebungen kommen stets Modelle zum Einsatz. Wie explizit diese sind, hängt von unterschiedlichen Faktoren, wie z. B. der Erfahrung, dem fachdidaktischen Wissen und den Lehrkompetenzen der jeweiligen (angehenden) Lehrkraft ab. Das hier vorgestellte Lehr-Lern- respektive Planungsmodell ist ein „geschaffenes theoretisches Konstrukt zur Professionalisierung des Lehrens mit dem Ziel, dass Lerner wirksam und gut lernen“ (Leisen, 2018, S. 2). Es soll sowohl als Planungshilfe für einen diagnosebasierten, kompetenzorientierten und begabungsfördernden Unterricht für *alle* Schüler*innen dienen als auch zur Unterstützung bei der Entwicklung von Lern- und Kompetenzaufgaben unter Berücksichtigung begabungsfördernder bzw. differenzierender Aspekte. Darüber hinaus bietet es Orientierung bei der unterrichtsbezogenen, informellen Prozessbegleitung von (begabten) Schüler*innen. Bei der Entwicklung wurde auch auf die Praktikabilität bei der Planung von Unterricht und Lernumgebungen sowie die theoretische Fundierung Wert gelegt. Grundlegend speist sich das Modell aus dem Lehr-Lern-Modell nach Leisen (2018) und dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Zusätzlich finden Aspekte des HarmoS-Kompetenzmodells (Labudde & Adamina, 2008), der Bildungsstandards Physik (KMK, 2004), des Modells der Interessengenese (Krapp, 1992) sowie Forderungen und Erkenntnisse der fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Forschung (u. a. Dohrmann, 2019; Hilzensauer, 2008) bzw. der Bildungsadministration (KMK, 2015, 2009) Berücksichtigung. Dabei soll es vornehmlich die Planung von Physikunterricht bzw. physikbezogenen Lernumgebungen der Sekundarstufe I unterstützen, kann aber auch als planerische Grundlage für andere Fächer dienen (Abb. 1).
Nach dem hier vorgeschlagenen Modell prägen Überzeugungen bzw. Einstellungen vom Lehren und Lernen die beteiligten Personen bereits vor Beginn des Lernprozesses. Sie beeinflussen u. a., ob und wie dem Lehren und Lernen entgegengetreten wird. Ziel des Prozesses ist es, aufbauend auf den bereits vorhandenen Kompetenzen der Schüler*innen, Fähig- und Fertigkeiten zu vertiefen und weitere auszuprägen. Damit dies gelingen kann, müssen die Lehrkräfte diagnosebasiert Entscheidungen treffen. Dabei sollte neben dem Lern- und Leis-

tungspotenzial der Schüler*innen auch deren Motivation und Interesse adressiert werden. Ebenso wichtig ist die fachliche Klärung des Lerninhalts sowie Überlegungen zu dessen methodischer Aufbereitung und Umsetzung.
Erst mit der Durchdringung dieser Voraussetzungen kann eine adäquate didaktische Strukturierung stattfinden. Diese enthält die einzelnen Lernschritte des Lehr-Lern-Modells nach Leisen (2018), dessen Kernstück das Anfertigen eines Lernprodukts ist. Der Lerngegenstand selbst muss sich dabei nach den in den Bildungsstandards bzw. Rahmenlehrplänen vorgegebenen Inhalten ausrichten, die vorgegebenen Kompetenzbereiche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) beinhalten und verschiedene Kompetenzniveaustufen beachten sowie individuell und anschlussfähig fördern (Differenzierung). Die (angehenden) Lehrkräfte sind dazu aufgefordert, von den Schüler*innen Feedback zur Lernumgebung einzuholen, aber auch die Lernergebnisse der Schüler*innen kritisch zu reflektieren und rückzumelden. Der gesamte Prozess sollte dabei informell dokumentiert sowie mit den Eltern und den Kolleg*innen im Idealfall koordiniert werden.

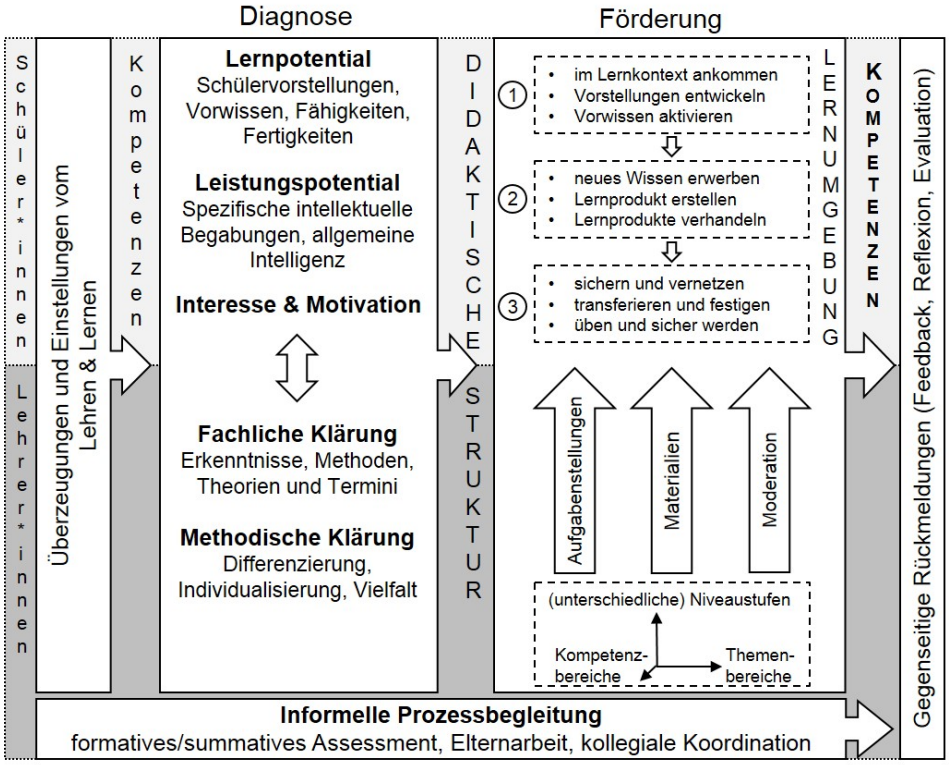


Abb. 1: Planungsmodell für einen begabungsdifferenzierenden (Physik-) Unterricht

Ausblick

In einem ersten Schritt soll das Modell mit den Lehrkräften der Dia-MINT-Partnerschulen kommunikativ validiert werden. Dazu werden Gruppendiskussionen durchgeführt. Darüber hinaus wird es in einem Lehr-Lern-Labor-Seminar als planerische Grundlage eingesetzt und im Zuge dessen hinsichtlich seiner Praktikabilität untersucht. Die damit verbundene Zielstellung ist die Ausbildung diagnostischer und didaktisch-methodischer Kompetenzen in Bezug auf den Umgang mit (potenziell) leistungsfähigen Schüler*innen im Physikunterricht sowie der Erwerb von Planungskompetenz durch die angehenden Lehrkräfte.

Literatur

Dieckow, Sandrina (2019): Was verstehen Physiklehrkräfte unter physikbezogener (Hoch-) Begabung und wie gehen sie damit um? Masterarbeit. Freie Universität Berlin.

Dohrmann, René (2019): Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht). Berlin: Logos.

Fischer, Christian (2019): Professionalisierung von Lehrpersonen zur individuellen Begabungsförderung. In: Christian Reintjes, Ingrid Kunze und Ekkehard Ossowski (Hg.): Begabungsförderung und Professionalisierung. Befunde, Perspektiven, Herausforderungen. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius, S. 174–189.

Hilzensauer, Wolf (2008): Theoretische Zugänge und Methoden zur Reflexion des Lernens. Ein Diskussionsbeitrag. In: *Bildungsforschung* 5 (2), S. 1–18.

Hößle, Corinna; Hußmann, Stephan; Michaelis, Julia; Niesel, Verena; Nührenbörger, Marcus (2017): Fachdidaktische Perspektiven auf die Entwicklung von Schlüsselkenntnissen einer förderorientierten Diagnostik. In: Christoph Selter, Stephan Hußmann, Corinna Hößle, Christine Knipping, Katja Lengnink und Julia Michaelis (Hg.): Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. Münster, New York: Waxmann, S. 19–39.

Kattmann, Ulrich; Duit, Reinders; Gropengießer, Harald; Komorek, Michael (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: *ZfDN* 3 (3), S. 3–18.

Krapp, Andreas (1992): Das Interessenkonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A./Prenzel, M. (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Münster, S. 297–329.

KMK (2015): Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-_neu.pdf, zuletzt geprüft am 28.01.2019.

KMK (2009): Grundsatzposition der Länder zur begabungsgerechten Förderung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.12.2009. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_12_12-Begabungsgerechte-Foerderung.pdf, zuletzt geprüft am 28.01.2019.

KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf, zuletzt geprüft am 29.10.2019

Labudde, Peter; Adamina, Marco (2008): HarmoS Naturwissenschaften: Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht von morgen. In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 26 (3), S. 351–360.

Lehfeldt, Birgit (2018): Hochbegabung in der Sek. I. Diagnose, Handlungsstrategien und Förderung. Mühlheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.

Leisen, Josef (2018): Was Lehrkräfte brauchen. Ein praktikables Lehr-Lern-Modell. Online verfügbar unter http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/00%20Was%20Lehrkr%C3%A4fte%20brauchen%20-%20Ein%20praktikables%20Lehr-Lern-Modell%202018.pdf, zuletzt geprüft am 28.10.2019.

Meidinger, Heinz-Peter (2009): Begabtenförderung am Gymnasium zwischen Anspruch und Wirklichkeit. In: Susanne Lin-Klitzing, David Di Fuccia und Gerhard Müller-Frerich (Hg.): Begabte in der Schule - fördern und fordern. Beiträge aus neurobiologischer, pädagogischer und psychologischer Sicht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Gymnasium - Bildung - Gesellschaft), S. 160–167.

Nieder, Tanja; Frühauf, Susanne (2012): Bilanzbericht der Schulinspektion. Ergebnisse der externen Evaluation an allen hessischen Schulen. Hg. v. Hessisches Kultusministerium, Institut für Qualitätsentwicklung (IQ). Wiesbaden. Online verfügbar unter https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/bilanzbericht_der_schulinspektion_iq_report_16.pdf, zuletzt geprüft am 18.02.2019.

Paradies, Liane (2008): Innere Differenzierung. In: Ingrid Kunze und Claudia Solzbacher (Hg.): Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II. 4., unveränd. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 65–74.

Roth, Gerhard (2015): Intelligenz, Hochbegabung und Persönlichkeit. In: Detlef H. Rost (Hg.): Intelligenz und Begabung, Unterricht und Klassenführung. 1. Aufl. Münster, Westf: Waxmann, S. 73–116.

Vock, Miriam; Preckel, Franzis; Holling; Heinz (2007): Förderung Hochbegabter in der Schule. Evaluationsbefunde und Wirksamkeit von Massnahmen. Göttingen: Hogrefe (Hochbegabung).

Wasmann, Astrid (2013): Brauchen Mädchen eine besondere Begabungsförderung? In: *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung* 8 (1), S. 119–129.

Zurbriggen, Eveline (2011): Prüfungswissen Schulpädagogik - Lernen, Lernstörungen und Begabungsförderung. Stuttgart: UTB.

Florian Gausche MLU Halle-Wittenberg
Thorid Rabe

Wege in den Physikunterricht unter Identitätsperspektive

Die hier vorgestellte Studie hat sich zum Ziel gesetzt, (vorläufige) Bildungswegentscheidungen von Schüler*innen bezüglich Physik zu untersuchen. Dazu wird die Identitätsperspektive herangezogen. Diese ermöglicht die Untersuchung von Aushandlungsprozessen, welche mit Bildungswegentscheidungen in Wechselwirkung stehen. Diese Prozesse beginnen bereits im Physik-Anfangsunterricht der 6. Klasse, weshalb diese Studie die Eingangsphase der Schüler*innen in den Physikunterricht untersucht. Dabei liegt der Fokus auf zwei Aspekten: Einerseits wird die soziale Interaktion im Klassenraum betrachtet und andererseits werden individuelle Narrative von Schüler*innen und Lehrpersonen untersucht. Beides geschieht mit der Zielsetzung Aufschluss über die Identitätsarbeit der Beteiligten zu erhalten, welche dann Rückschlüsse auf sich im Verlauf befindende Bildungswegentscheidungen liefern kann.

Ausgangslage

Nach Ansicht der KMK entscheiden sich zu wenige Schüler*innen für Bildungswege in den Naturwissenschaften, wodurch einerseits die Befürchtung besteht, eine individuelle Einschränkung persönlicher Teilhabe an gesellschaftlichen Diskursen zu riskieren, andererseits auf gesellschaftlicher Ebene die Entfaltung ökonomischen Potentials zu behindern (Schmitz, 2009). Es besteht also ein gesellschaftspolitisches Interesse daran, mehr Menschen an naturwissenschaftlicher Bildung teilhaben zu lassen. Zusätzlich besteht eine große Diskrepanz zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der Bildungswegentscheidungen – wesentlich mehr Jungen entscheiden sich Naturwissenschaften weiter zu verfolgen als dies bei Mädchen der Fall ist. Der PISA-Bericht unterstützt diese Aussagen. Dort werden speziell für Deutschland die im internationalen Vergleich sehr großen Interessenunterschiede zwischen Mädchen und Jungen aufgezeigt (OECD, 2016, S. 134ff.). Eine Erklärung dieser Befunde steht allerdings weitgehend aus.

Ein Ansatz, mögliche Erklärungen für diese Befunde zu finden, liegt darin, subjektive Begründungszusammenhänge für Bildungswegentscheidungen zu verstehen. Archer et al. zeigen auf, dass sich diese Entscheidungen bereits sehr früh anbahnen und die auf sie einwirkenden Einflüsse zeitlich weit vor dem Moment einer *tatsächlichen* Entscheidung liegen können. Bereits im Grundschulalter positionieren sich Kinder hinsichtlich ihrer Orientierung bezüglich naturwissenschaftlicher Bildungs- bzw. Karrierewege. In der Entwicklungsphase der Pubertät, welche als kritische Phase dieser (Re-)Positionierungen identifiziert wird, können sich diese Bildungswegkonzeptionen bereits konsolidieren (Archer et al., 2013). Demnach erscheint eine frühzeitige Untersuchung, welche die Prozesshaftigkeit dieser Entscheidungen in den Fokus nimmt, sinnvoll.

Dazu müssen innerindividuelle Prozesse betrachtet werden, welche dazu führen, dass sich Schüler*innen für oder gegen Bildungswege in den Naturwissenschaften entscheiden: „We need to know how students are engaging in science and how this is related to who they think they are.“ (Brickhouse et al., 2000, S. 443) Hierzu gibt es in der fachdidaktischen Forschung bereits etliche Ansätze (u.a. Selbstkonzept, Einstellungen, Vorstellungen, Interesse und Selbstwirksamkeitserwartungen). Jedoch fehlt diesen Ansätzen häufig eine Prozessperspektive, die es ermöglicht herauszuarbeiten, wie sich diese Bezüge zu Physik im Laufe

des (Schul-)Lebens ändern und welche Einflüsse dabei von den Individuen als relevant empfunden werden (Rabe & Krey, 2018).

Identitätsperspektive

Wie Rabe und Krey argumentieren, kann die oben angeführte Untersuchung individueller und sozialer Orientierung und die Prozessfokussierung durch die Identitätsperspektive ermöglicht werden. Diese erlaubt eine ‚ganzheitliche' Betrachtung der untersuchten Personen und konzeptualisiert Bildungswegentscheidungen als Identitätsarbeit (2018). Identität umfasst hierbei „die Vorstellungen und das Wissen von Individuen über sich selbst […], die zumeist mit dem Gefühl der Kohärenz, der Kontinuität bzw. Stabilität und der Unterscheidbarkeit von anderen einhergehen" (Rabe & Krey, 2018). Die Identitätsperspektive erlaubt es aber auch, die soziale Verortung, welche eine Person durch Zuordnung zu sozialen Gruppierungen und Kontexten erfährt, zu untersuchen. Ein Verständnis des Identitätsbegriffs in diesem Sinne findet sich bei Benwell und Stokoe: „Generally, we understand the term 'identity' in it's broadest sense, in terms of *who people are to each other* […]" (2007, S. 6). Identität ist also *sowohl* im Individuum *als auch* in sozialer Interaktion analysierbar. Daher scheint es unvermeidbar, diese „Doppeldefinition" hinzunehmen, da sie das Spannungsfeld widerspiegelt, in welchem sich identitätsbezogene Forschung bewegt (vgl. Côté, 2006; Smith & Sparkes, 2008).

Wege in den Physikunterricht

Vor diesem theoretischen Hintergrund des sich eröffnenden Forschungsfeldes erscheint es gewinnbringend, Physik-Anfangsunterricht zu untersuchen. In Sachsen-Anhalt findet dieser in der 6. Klasse statt. Das Alter der Schüler*innen beträgt hier 11-12 Jahre und liegt damit am Anfang des für die Herausbildung der Identität als kritischen Phase herausgestellten Lebensabschnitts. Diese Studie zielt darauf ab, herauszuarbeiten, mit welchen (Physik-)Identitätskonstruktionen die Schüler*innen in den Physikunterricht kommen und welche Wirkung dieser auf die weitere Arbeit an diesen Konstruktionen hat. Speziell ist von Interesse welche Aspekte von Identität (z.B. Gender, kulturelle Herkunft, Ausrichtung an der Institution Schule) in Wechselwirkung mit Physikidentität treten, aber auch welche konkreten Interaktionen und individuellen Erzählungen zur Konstruktion von Identität im Kontext des Physikunterrichts herangezogen werden. Darüber hinaus ist das Ziel der Studie, ganz im Sinne der Ausgangslage, aus diesen Aspekten der Identitätsarbeit Rückschlüsse auf stattfindende Prozesse der Bildungswegentscheidungen zu ziehen.

Forschungsdesign

Um sowohl der sozialen als auch der individuellen Definition von Identität gerecht zu werden findet eine Datenerhebung in zwei Phasen statt. In der ersten Phase werden Videodaten von Unterrichtsgeschehen aufgenommen, die eine Analyse nach der sozialen Definition von Identität möglich machen. In der zweiten Phase werden Interviews mit den am Unterricht Beteiligten durchgeführt, welche eine Analyse nach der individuellen Definition ermöglichen.

Die erste Phase umfasst die Videografie der ersten sechs Physikstunden von sechs 6. Klassen. Hierbei wurde die Kameraarbeit am technischen Bericht der IPN-Videostudie orientiert (Seidel et al., 2003) Die Videodaten werden nach Benwell und Stokoe mit Hilfe von Diskursanalyse interpretiert, um Identitätsaushandlungen erkennbar zu machen und nachzuvollziehen. Hierbei wird Identität anhand von institutionellen Strukturen des Physikunterrichts untersucht (2007, S. 87ff.). Die Untersuchung von Anfangsunterricht impliziert, dass die Schüler*innen sowohl die Lehrperson als Physiklehrperson kennenlernen, als auch eine Positionierung zur Lehrperson und zum Physikunterricht vollziehen.

Die zweite Phase der Untersuchung umfasst Interviews mit am videografierten Unterricht beteiligten Schüler*innen und Lehrpersonen. Hierbei besteht die Möglichkeit im Interview auf interessante Schlüsselstellen des Unterrichts im Sinne eines ‚Stimulated Recalls' Bezug zu nehmen. Die Interviews sind nach Lucius-Hoene und Deppermann (2002) *narrativ* konzipiert. Narrative Interviews bieten einen methodologisch gut entwickelten Zugang zu narrativer Identität und decken im Rahmen dieser Studie den individuellen Definitionsansatz zu Identität ab. Im Rahmen dieser Studie wird die Narration durch Frageimpulse angeregt und ist somit keine ‚reine' Narration wie beispielsweise bei biografischen Interviews wie sie von Lucius-Hoene und Deppermann vorgestellt werden. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass ein konkretes gegenständliches Forschungsinteresse seitens der Fachdidaktik vorliegt Eine maßvolle Lenkung des Interviews erscheint notwendig, da nicht erwartet werden kann, dass die untersuchten Individuen die für diese Untersuchung relevanten Themen von sich thematisieren.

Ausblick

Es ist noch auszuarbeiten, wie sich die einzelnen hier vorgestellten Ansätze zur Untersuchung von Identitätsaushandlungen ins Verhältnis zueinander setzen lassen. Konkret müssen die aus den Videoaufnahmen gewonnenen Daten in Bezug mit den aus den Interviews erhobenen Daten gesetzt werden, um ein möglichst umfassendes Bild der Herstellung und Verhandlung von Identität im untersuchten Physikunterricht zu erhalten.

Besonders die methodologischen Überlegungen stellen eine große Herausforderung dieser Studie dar. Die Identitätsforschung ist für die Fachdidaktik der Physik ein weitgehend unerschlossenes Feld und muss mit eigens für dieses Fach angepassten Forschungsdesigns untersucht werden, da aus der Soziologie und Psychologie entlehnte Herangehensweisen meist thematisch unspezifisch sind und sich nicht ohne weiteres auf die Fachdidaktik übertragen lassen.

Wünschenswert wäre langfristig die Kategorisierung von verschiedenen typischen Physikidentitäten um diese in Bezug zu sich entwickelnden Bildungswegentscheidungen zu setzen. Es ist vorstellbar, dass sich, bezogen auf die eingangs dargestellte Ausgangslage, Identitätsentwicklungen abzeichnen, welche günstig oder ungünstig für Bildungswegentscheidungen bezüglich naturwissenschaftlicher Karrierewege sind.

Literatur

Archer, L., Osborne, J., DeWitt, J., Dillon, J., Wong, B., & Willis, B. (2013). ASPIRES: Young people's science and career aspirations, age 10-14. Department of Education & Professional Studies King's College London. London. URL: kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/publications2.aspx, zuletzt geprüft am 13.12.2018.

Benwell, B., & Stokoe, E. (2007). Discourse and Identity. Reprinted. Edinburgh: Edinburgh Univ. Press.

Brickhouse, N.W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What Kind of a Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. J. Res. Sci. Teach., 37 (5), 441 – 458. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2736(200005)37:5<441::AID-TEA4>3.0.CO;2-3.

Côté, J. (2006). Identity Studies: How Close Are We to Developing a Social Science of Identity?—An Appraisal of the Field. Identity, 6 (1), 3 – 25. DOI: 10.1207/s1532706xid0601_2.

Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). Rekonstruktion narrativer Identität: Ein Arbeitsbuch zur Analyse narrativer Interviews. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

OECD (2016). PISA 2015 Ergebnisse (Band I): Exzellenz und Chancengleichheit in der Bildung. Deutschland: W. Bertelsmann Verlag. URL: oecd.org/pisa/pisa-2015-ergebnisse-band-i-9789264267879-de.htm, zuletzt geprüft am 27.08.2019.

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik – Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? ZfDN, 52 (4), 27. DOI: 10.1007/s40573-018-0083-x.

Schmitz, A. (Ed.) (2009). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin. URL: kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf, zuletzt geprüft am 15.08.2019.

Seidel, T., Dalehefte, I.M., & Meyer, L. (2003). Aufzeichnen von Physikunterricht. T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Eds.), Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht". Kiel: IPN (IPN-Materialien), 47 – 75.

Smith, B., & Sparkes, A.C. (2008). Contrasting perspectives on narrating selves and identities: an invitation to dialogue. Qualitative Research, 8 (1), 5 – 35. DOI: 10.1177/1468794107085221.

Laura Goldhorn[1]
Thomas Wilhelm[1]
Verena Spatz[2]
Jana Rehberg[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt
[2]Technische Universität Darmstadt

Mindsets in Physik
Studie zur Veränderbarkeit des fachspezifischen Mindsets

Motivation

Bezogen auf Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten werden in der allgemeinen Wahrnehmung immer wieder zwei Gruppen von Menschen unterschieden: die mit Begabung und die ohne Begabung. Begabung beschreibt dabei eine Art intrinsische Eigenschaft, die man hat oder eben nicht hat. Wer sich für ein Physikstudium entscheidet, scheint eine Begabung für Physik zu haben. Wer virtuos Klavier spielt, ist musikalisch begabt usw. Die amerikanische Psychologin Carol S. Dweck schlägt dagegen zwei grundlegende Sichtweisen vor: *Fixed* und *Growth Mindset*. Während Menschen mit dem sog. *Fixed Mindset* von einem durch Veranlagung determinierten Potential ausgehen (also einer vorhandenen bzw. fehlenden Begabung, wie oben beschrieben), das die individuellen Möglichkeiten vorzeichnet, verstehen Menschen mit dem sog. *Growth Mindset* ein sich durch Aufwand und Bestrebungen entwickelbares Potential als Grundlage für Wissen und Können. Das Mindset, das sich am ehesten, aber nicht vollständig treffend, als Selbstbild/Selbstkonzept oder Haltung übersetzen lässt, bildet die Basis für Entscheidungen, Reaktionen, Denken und Handeln. Es sagt zunächst nichts über das tatsächliche Potential, Können oder Wissen aus, aber es bestimmt als Glaubenssatz, wie Menschen mit Herausforderungen, Erfolgen und Niederlagen umgehen (Dweck, 2017).
Im Fixed Mindset spiegeln Erfolge und auch Niederlagen die persönlichen Möglichkeiten wider, d.h. jedes Ergebnis in einem Test oder Ähnlichem ist gleichzeitig eine Bewertung der eigenen Person. Demzufolge werden herausfordernde Situationen mit unklarem Ausgang eher vermieden, um Niederlagen aus dem Weg zu gehen. Da im Fixed Mindset die Fähigkeiten auf angeborene Talente zurückgeführt werden, ist außerdem ein möglichst müheloses Erreichen von Zielen wichtig, z. B. ohne viel zu lernen eine gute Note schreiben. Denn wer viel lernen und sich anstrengen muss, hat wohl weniger Talent. Menschen im Growth Mindset haben natürlich auch das Bestreben, erfolgreich zu sein. Doch ihr Umgang mit Herausforderungen ist anders: statt Angst vor dem möglichen Versagen zu haben, sehen sie vor allem eine Möglichkeit, etwas dazuzulernen und sich zu verbessern. Diese Haltung wird auch in der Bewertung einer Leistungsabfrage deutlich. Im Growth Mindset wird ein Testergebnis nicht als Bewertung der eigenen Person verstanden, sondern als momentane Abbildung der Fähigkeiten, die nichts darüber aussagt, was man noch lernen kann (Dweck, 2017).
Während es viele psychologische Konstrukte gibt, die das Lernverhalten, Einstellungen zum Lernen und Lernerfolgsprädiktoren beschreiben, legt Dweck den Fokus auf die Veränderbarkeit der Mindsets: *"Mindsets are just beliefs. They're powerful beliefs, but they are just something in your mind, and you can change your mind." (Dweck, 2006).* Passend dazu wurden bereits mehrere erfolgreiche Interventionen entwickelt (unter anderem in der Umsetzung einer Lernsoftware), die das Growth Mindset bei Schüler*innen fördern (Blackwell, Trzesniewski, & Dweck, 2007; Good, Aronson, & Inzlicht, 2003).

Insgesamt zeigt sich bei Erhebungen zum Mindset in den USA eine ausgeglichene Verteilung von Fixed und Growth Mindset, im naturwissenschaftlich-technischen Bereich überwiegt jedoch das Fixed Mindset (Dweck, 2008). Demzufolge kann das Mindset als domänenspezifisch angenommen werden und beschreibt nur in Ausnahmefällen ein personenbezogenes Merkmal.

Berücksichtigt man zusätzlich die aktuelle Situation im Physikunterricht in Deutschland, dass nämlich ein Großteil der Schüler*innen Physik abwählt, während nur diejenigen sich Physik als Schwerpunkt (Leistungskurs) zutrauen, die schon vorher überwiegend sehr gute Noten in Physik hatten (Autorengruppe der DPG, 2016), ergibt sich ein physikdidaktisches Interesse am Forschungsbereich der Mindset: eine Förderung des Growth Mindsets in Physik fördert auch eine positive Lernhaltung der Schüler*innen.

Forschungsvorhaben

Während der Mindset-Diskurs im englischsprachigen Raum inzwischen in der öffentlichen Bildungsdebatte angekommen ist und die populärwissenschaftlich erschienenen Bücher dazu Bestseller sind (Boaler, 2015; Dweck, 2006, 2017), ist das Konzept in Deutschland kaum bekannt und auch das Forschungsgebiet ist noch neu. An der TU Darmstadt wurde in den letzten Jahren im Rahmen mehrerer Abschlussarbeiten zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt untersucht, ob und wie sich die Theorie von Dweck auf das Fach Physik übertragen lässt. Dabei wurde insbesondere als Ergebnis von Interviewstudien ein Kategoriesystem entwickelt, das die Zuordnung von Schüler*innen zum Fixed bzw. Growth Mindset ermöglicht (Brück, 2018; Goldhorn, 2017). Parallel dazu wurde auch ein Fragebogen theoriebasiert erstellt und erprobt, der das physikspezifische Mindset von Lernenden abfragt (Gros, 2017; Spatz & Hopf, 2017). Anders als der von Dweck vorgeschlagene und validierte Mindset-Test, der nicht domänenspezifisch ist (De Castella & Byrne, 2015), basiert der deutschsprachige Fragebogen nicht nur auf den Vorstellungen zur Intelligenz oder Begabung, sondern bezieht sich vor allem auf Reaktionsmustern, die sich dem Fixed bzw. Growth Mindset zuordnen lassen, z.B. dem Umgang mit Herausforderung oder der Reaktion auf Misserfolg.

Aufbauend auf diesen Vorstudien soll nun eine größer angelegte Untersuchung der physikspezifischen Mindsets von Schüler*innen durchgeführt werden, bei der die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Welche Skalen eignen sich für die physikbezogene Adaption des Mindset-Konzepts und welche Verteilung ergibt sich bei Schüler*innen im Physikunterricht?
- Welche Korrelationen des physikspezifischen Mindsets zu verschiedenen äußeren Gegebenheiten (z.B. Alter, Geschlecht und Schulart) lassen sich bei Schüler*innen identifizieren?
- Kann mit einer Intervention das fachspezifische Growth Mindset bei Schüler*innen gefördert werden und ist ein solcher Effekt stabil und dauerhaft?

Aus diesen drei Fragen ergibt sich das Forschungsdesign, das im Wesentlichen zwei Komponenten umfasst: 1. die Entwicklung eines Mindset-Fragebogens, der jahrgangs- und schulformübergreifend in der Sekundarstufe eingesetzt wird, um das physikspezifische Mindset von Lernenden zu erfassen, und 2. die Entwicklung einer Intervention, die im Rahmen einer Pre-Post-FollowUp-Studie durchgeführt wird, um zu untersuchen, ob eine Förderung des Growth Mindset in diesem Rahmen möglich ist.

Für den ersten Teil wird der bereits bestehende Mindset-Fragebogen weiterentwickelt, der sich mit 26 Items auf die Dimensionen „Allgemeine Vorstellungen zur Physik und Verständnis in Physik“, „Vorlieben bezüglich der Aufgabenschwierigkeit in Physik“, „Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an anderen“ bezieht (Gros, 2017). Zusätzlich zu den Mindset-Fragen werden weitere psychologische Konstrukte, die sich ebenfalls auf das Lernverhalten beziehen, in den Fragebogen integriert, um mögliche Korrelationen mit dem Mindset zu untersuchen. Um die Länge des Fragebogens dabei überschaubar zu halten, werden zunächst nur zwei Konstrukte herangezogen: Grit nach Duckworth (2007) und Attribuierungsstil nach Weiner (1976). Ein hoher Grit-Wert (engl. für Durchhaltevermögen und beständiges Interesse) gilt als

Erfolgsprädiktor auch im schulischen Kontext (Duckworth, Peterson, Matthews, & Kelly, 2007; Von Culin, Tsukayama, & Duckworth, 2014). Das Erhebungsinstrument von Duckworth mit acht Items, die Short Grit Scale (Duckworth, 2009), wurde bereits erfolgreich ins Deutsche übertragen (Schmidt et al., 2017), so dass die Items für den Mindset-Fragebogen einfach übernommen werden können. Für den Attribuierungsstil nach Weiner wird der für Kinder und Jugendliche entwickelte, bereichsspezifische Fragebogen MBAF-K verwendet, der auf die Ursachendimensionen Stabilität (stabil vs. variabel) und Lokalität (internal vs. external) eingeht, als auch auf Erfolgs- und Misserfolgssituationen (Schneewind & Pausch, 1990).
Nach der durchgeführten Pilotierung kann der Fragebogen evtl. gekürzt werden. Der so entstandene Mindset-Fragebogen soll dann im Schuljahr 2019/2020 in einer Querschnittserhebung von Schüler*innen der Sekundarstufe ausgefüllt werden, um einen Einblick in die Verteilung von Fixed und Growth Mindset in Bezug auf das Fach Physik zu erhalten. Da auch soziodemografische Merkmale Teil des Fragebogens sind, lassen sich in der Querschnittserhebung mögliche Korrelationen des Mindsets zum Geschlecht, zur Schulart und zum Alter untersuchen.
Die Interventionsstudie soll im darauffolgenden Schuljahr 2020/2021 mit Schüler*innen im zweiten Jahr Physik stattfinden. Bereits durchgeführte Interventionsstudien zum Mindset beziehen sich vor allem auf die Neuroplastizität (für Schüler*innen wird dabei das Bild des Gehirns als Muskel verwendet) (Blackwell et al., 2007; Good et al., 2003) oder Erfolgsgeschichten, also z.B. biografische Analysen (Aronson, Fried, & Good, 2002). Entsprechend wird auch für die physikbezogene Intervention ein impliziter Ansatz gewählt, der materialbasiert im regulären Unterricht durchgeführt werden kann. Die Dauer der Intervention wird auf zwei Doppelstunden begrenzt, um einerseits die Durchführbarkeit im Regelunterricht zu gewähren, andererseits zeigen auch hier die in den USA durchgeführten Studien gute Erfolge bei kurzen Interventionen (Walton, 2014). Durch das Pre-Post-FollowUp-Design kann untersucht werden, ob der gewählte Interventionsansatz das Growth Mindset bei Schüler*innen fördert und ob dieser Effekt stabil ist.

Aktueller Stand

Ein entwickelter Fragebogen wurde bereits mit 244 Schüler*innen der Sekundarstufe (Klasse 8 bis 11) an mehreren Gymnasien in Frankfurt, Darmstadt und Offenbach pilotiert. Der Fragebogen für diese Pilotierung setzt sich aus 26 Items zum Mindset, der 8-Item-Grit-Skala, 10 Fragen zum Attribuierungsstil und zwei neu formulierten Items zusammen, umfasst also insgesamt 46 Items, die auf einer sechsstufigen Likert-Skala zu beantworten sind. Dazu kommen vier Fragen zum soziodemografischen Hintergrund.
In der Auswertung soll zunächst die Trennbarkeit der im Fragebogen enthaltenen Konstrukte Mindset, Grit und Attribuierungsstil untersucht werden bzw. mögliche Korrelationen ermittelt werden. Außerdem werden die Dimensionen des Fragebogens, vor allem des Mindset-Teils untersucht, da die Ergebnisse der Vorstudien nicht eindeutig sind (Gros, 2017). Ziel der Pilotierung ist ein Fragebogen, der den Gütekriterien quantitativer Erhebungen entspricht und das Mindset-Konstrukt sowie möglicherweise davon trennbar auch Grit und Attribuierungsstil abbildet. Wenn möglich, soll die Itemzahl dabei reduziert werden, um die Bearbeitungszeit des Fragebogens gering zu halten, da er insbesondere im Rahmen der Interventionsstudie von den Schüler*innen mehrfach ausgefüllt werden muss.

Parallel zur vorgestellten Mindset-Untersuchung mit Schüler*innen wird ein ähnliches Forschungsvorhaben mit Studierenden realisiert (Rehberg et al., 2020), wodurch Einblicke in die Konstruktstabilität über eine größere Altersspanne und Vergleiche der Kohorten möglich werden.

Literatur

Aronson, J., Fried, C. B., & Good, C. (2002). Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence. *Journal of Experimental Social Psychology*, *38.*

Autorengruppe der DPG. (2016). *Physik in der Schule*. Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.

Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, *78*(1), 246–263.

Boaler, J. (2015). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students` Potential Through Creative Math, Inspiring Messages and Innovative Teaching*. John Wiley & Sons.

Brück, J. (2018). *„Physik muss man nicht nur lernen, sondern auch verstehen!“ — Fachspezifische Mindsets von Schülerinnen und Schülern,* Wissenschaftliche Hausarbeit für das Lehramt an Gymnasien, TU Darmstadt, unveröffentlicht.

De Castella, K., & Byrne, D. (2015). My intelligence may be more malleable than yours: The revised implicit theories of intelligence (self-theory) scale is a better predictor of achievement, motivation, and student disengagement. *European Journal of Psychology of Education*, *30*(3), 245–267.

Duckworth, A. L. (2009). Development and Validation of the Short Grit Scale (Grit-S). *Journal of Personality Assessment*, *91*(2), 166–174.

Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D., & Kelly, D. R. (2007). Grit: Perseverance and Passion for Long-Term Goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, *92*(6), 1087–1101.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York: Ballantine Books.

Dweck, C. S. (2008). *Mindsets and Math/Science Achievement*. New York: Institute for Advanced Study, Commission on Mathematics and Science Education.

Dweck, C. S. (2017). *Mindset—Updated Edition: Changing The Way You Think To Fulfil Your Potential*. London, UK: Little, Brown Book Group.

Goldhorn, L. (2017). *Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik — Eine Interviewstudie,* Wissenschaftliche Hausarbeit für das Lehramt an Gymnasien, TU Darmstadt, unveröffentlicht.

Good, C., Aronson, J., & Inzlicht, M. (2003). Improving adolescents´ standardized test perfomance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Applied Developmental Psychology*, *24*, 645–662.

Gros, C. (2017). *Weiterentwicklung eines Fragebogens zu den Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik,* Wissenschaftliche Hausarbeit für das Lehramt an Gymnasien, TU Darmstadt, unveröffentlicht.

Rehberg, J., Wilhelm, T., Spatz, V., Goldhorn, L. (2020): Pilotierung eines Fragebogens zum Mindset von Physik-Studierenden. In: Habig, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40, in diesem Band

Schmidt, F. T. C., Fleckenstein, J., Retelsdorf, J., Eskreis-Winkler, L., & Möller, J. (2017). Measuring Grit. A German Validation and a Domain-Specific Approach to Grit. *European Journal of Psychological Assessment*, *35*(3), 436–447.

Schneewind, K. A., & Pausch, H.-P. (1990). Entwicklung des Multidimensionalen Beichsspezifischen Attributionsfragebogens für Kinder und Jugendliche (MBAF-K). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *4*(2), 97–104.

Spatz, V., & Hopf, M. (2017). *Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik Oder: „Albert Einstein — Der war schon so ein bisschen begabt …“* In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016, Band 37, S. 344 - 347

Von Culin, K. R., Tsukayama, E., & Duckworth, A. L. (2014). Unpacking grit: Motivational correlates of perseverance and passion for long-term goals. *The Journal of Positive Psychology*.

Walton, G. M. (2014). The New Science of Wise Psychological Interventions. *Current Directions in Psychological Science*, *23*(1), 73–82.

Weiner, B. (1976). *Theorien der Motivation*. Stuttgart: Klett.

Marina Hönig
Lilith Rüschenpöhler
Julian Küsel
Silvija Markic

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Förderung von *Science Capital* im Berufsorientierungsprojekt DiSenSu

Viele Mädchen haben Spaß an Naturwissenschaften, können sich aber nicht vorstellen einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen (Archer et al., 2010). Dies wird insbesondere beeinflusst durch das Geschlecht (Archer et al., 2012, 2013), die Ethnizität (DeWitt et al., 2011) sowie die soziale Schicht, der die Jugendlichen angehören (Archer, DeWitt, & Willis, 2014; Carlone, Webb, Archer, & Taylor, 2015). Dies resultiert darin, dass weibliche Jugendliche aus sozial schwächeren sozialen Kontexten und ethnischer Minderheiten nur schwer eine naturwissenschaftliche Identität und seltener naturwissenschaftliche Aspirationen ausbilden (Archer et al., 2010). Derzeit mangelt es noch an wissenschaftlich fundierten Ansätzen, wie eine Unterstützung in der Identitätsbildung praktisch möglich wird.

Das Forschungsverbundprojekt „DiSenSu – DiversitySensibler Support“ (www.disensu.de) knüpft genau hier an und untersucht, wie Mädchen und junge Frauen mit Migrationshintergrund in ihrer Wahl für einen naturwissenschaftlichen Beruf unterstützt werden können. Ein möglicher Weg könnte die Förderung von *Science Capital* sein. *Science Capital* ist „a conceptual device for collating various types of economic, social and cultural capital that specifically relate to science (…) for individuals or groups to support and enhance their attainment, engagement and/or participation in science“ (Archer, DeWitt, & Willis, 2014, S. 5). Es handelt sich um einen ressourcenorientierten Ansatz (Rüschenpöhler & Markic, 2019), der alle naturwissenschaftlichen Ressourcen einer Person beschreibt.

In der vorliegenden Studie wurde erforscht, wie eine bewusste Gesprächsführung das *Science Capital* von Mädchen und jungen Frauen mit Migrationshintergrund fördern könnte, um zu ihrer naturwissenschaftlichen Identitätsbildung beizutragen. Dies geschah im Kontext eines Coachings zur Berufsorientierung. Die Förderung von *Science Capital* bezieht sich in diesem Kontext auf die naturwissenschaftliche Identitätsbildung, die ein kulturelles *Science Capital* (Archer, Dawson, DeWitt, Seakins, & Wong, 2015) darstellen kann.

Forschungsfragen

(1) Welche typischen Denkmuster zeigen Mädchen in der Reflexion über naturwissenschaftliche Berufe?
(2) Welche Strategien der Gesprächsführung könnten sich eignen, *Science Capital* zu fördern?

Methode

134 junge Frauen (13-20 Jahre) nahmen an einem Coaching zu naturwissenschaftlichen Berufsfeldern teil. Quantitativ erfasst wurden das naturwissenschaftliche Selbstkonzept der Teilnehmerinnen sowie ihre naturwissenschaftlichen Karriereaspirationen mit den Skalen aus PISA 2006 (OECD, 2009) (N=134). Die Daten wurden mit denen der Mädchen aus der Deutschland-Stichprobe aus PISA 2006 verglichen. Zur Untersuchung des Selbstkonzepts wurde ein t-Test und für die Aspirationen ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Die Strategien der Gesprächsführung wurden mittels halbstrukturierter Interviews (Qu & Dumay, 2011) untersucht (N=11) und qualitativ in einer zusammenfassenden Inhaltsanalyse

mit *Composite Sequence Analysis* (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014) ausgewertet. Hierzu wurden die Interviews zunächst paraphrasiert. Ziel war es, die Gedanken und Gefühle der Teilnehmerinnen, insbesondere bezüglich naturwissenschaftlicher Berufe sowie die Reaktionen der Interviewer hierauf, zu untersuchen. Anschließend wurde in mehreren Schritten ein Codierschema entwickelt und die Interviews konsistent hiernach codiert.

Ergebnisse

Typische Denkmuster: Selbstkonzept und Karriereaspirationen in den Naturwissenschaften

Im Vergleich mit den deutschen Mädchen aus der PISA-Stichprobe 2006 zeigten die Teilnehmerinnen der DiSenSu-Coachings im Mittel ein niedrigeres Selbstkonzept ($M_{DiSenSu}$=14.70 < M_{PISA}=16.42). Wegen ungleicher Varianzen in den beiden Stichproben wurde ein *t*-Test mit Satterthwaite-Approximierung durchgeführt. Der Unterschied war statistisch signifikant (*t*=-4.726, *df* = 113.04, *p*<.000***, CI95%: -2.44, -1.00). Die Teilnehmerinnen zeigten im Mittel stärkere naturwissenschaftliche Karriereaspirationen als die Mädchen aus der PISA-Stichprobe ($M_{DiSenSu}$=8.27 > M_{PISA}=7.85). Da die Daten beider Stichproben nicht normalverteilt waren, wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Es zeigte sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied (*W*=265700, *p*=.09).

Strategien der Interviewführung zur Förderung von Science Capital

Zur Analyse von Strategien der Gesprächsführung, die *Science Capital* fördern könnten, wurde zunächst zwischen drei Bereichen unterschieden: (i) Die Voraussetzungen der Teilnehmerinnen, (ii) die Strategien der Interviewenden und (iii) Anknüpfungspunkte, bei denen der Einsatz der Strategien gelingen kann.

Bei den Voraussetzungen der Teilnehmerinnen wurde zwischen drei Kategorien unterschieden. Dies sind (1) die Berufsvorstellungen, d. h. die Offenheit der Berufswünsche, die Rolle der Naturwissenschaften bei diesen Vorstellungen sowie die Gründe, die zu den Berufswünschen führen. Insbesondere die Rolle von Vorbildern, das Selbstkonzept der Teilnehmerinnen sowie konkrete Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Berufen erschienen hier relevant. Eine weitere Kategorie bildete das (2) Interesse an Naturwissenschaften unabhängig von ihrem Berufswunsch. Hierunter wurde gefasst, welche fachlichen Interessen die Teilnehmerinnen in naturwissenschaftlichen Bereichen haben und welche konkreten Inhalte sie interessieren bzw. interessieren könnten. Auch hier wurde nach den Gründen gefragt, also beispielsweise ob ein Interesse bzw. die Abwesenheit von Interesse mit Persönlichkeitseigenschaften erklärt wird oder durch konkrete Erlebnisse, die das Interesse prägen. Die dritte Kategorie der Voraussetzungen der Teilnehmerinnen bildet die (3) Einschätzung der eigenen Leistungen. Während der Coachings bearbeiten die Teilnehmerinnen Aufgaben, bei denen sie projektiv ihre Leistungen einschätzen müssen („Ich denke, dass ich xxx Aufgaben richtig lösen werde."). Diese Einschätzungen können dann anschließend mit der Zahl der real gelösten Aufgaben verglichen werden. In den Interviews wurden diese z. T. auftretenden Diskrepanzen aufgegriffen und mit den Teilnehmerinnen diskutiert. Insbesondere die Erklärungen für Leistungen (Anstrengung, Fähigkeiten, Glück) waren hierbei wichtige Ansatzpunkte in den Interviews.

Es konnten sechs Strategien unterschieden werden, die die Interviewenden in den Gesprächen nutzten. Eine Strategie war (1) das Erfragen von Gründen. Die Interviewenden forderten die Teilnehmerinnen auf, Gedanken, Gefühle und Erlebnisse zu erklären. Ziel dieser Strategie ist es, konkrete Zustände und Erlebnisse zu beleuchten, die potentiell veränderbar sind, um stabile Persönlichkeitszuschreibungen zu hinterfragen. Die zweite Strategie war, (2) über naturwissenschaftliche Berufe zu informieren. Vielen Jugendlichen, insbesondere aus sozial schwächeren Kontexten, ist nicht bekannt, für welche Berufe

naturwissenschaftliche Kenntnisse benötigt werden, was das Relevanzempfinden mindert (Archer, Dewitt, & Osborne, 2015). Ziel dieser Information durch die Interviewenden war, über die Bedeutung der Naturwissenschaften in einer Vielzahl von Berufen zu informieren, die selten mit Naturwissenschaften assoziiert werden. Eine dritte Strategie war, (3) emotionales Feedback zu geben. Die Interviewenden lobten, ermutigten und versuchten, den Blick auf konkrete Erfolge der Teilnehmerinnen aus dem Coaching zu lenken. Die vierte Strategie bestand in einer (4) Spiegelung der eigenen Wahrnehmung aus Perspektive der Interviewenden. Ziel war es, alternative Interpretationsmöglichkeiten aufzuzeigen. Hierzu wurden Diskrepanzen zwischen Leistungen und Selbsteinschätzungen thematisiert, der Fokus auf Lernprozesse während der Coachings gelenkt, um so die Veränderungs- und Lernfähigkeit zu betonen, sowie äußere Umstände als erklärende Faktoren einbezogen (z. B. Teilnehmerin kannte relevanten Begriff in einer Aufgabe nicht). Die fünfte Strategie der Interviewenden war, (5) sich selbst als Identifikationsfigur anzubieten, indem sie von eigenen Erfahrungen mit Naturwissenschaften berichteten, wenn sich dies anbot, um eine Verbindung zur Situation der Schülerin aufzubauen. Die sechste Strategie bestand im (6) Appell zu mehr Offenheit gegenüber naturwissenschaftlichen Berufen, zu mehr Vertrauen in eigene Leistungen oder zu mehr oder anderer Aktivität in der Berufsorientierung.

In den Interviews zeigte sich, dass die Interviewenden bestimmte Anknüpfungspunkte nutzen, um ihre Strategien einzusetzen. Diese Punkte können als ‚Fenster' betrachtet werden, als Stelle, an der eine Offenheit für eine Berufsorientierung in Naturwissenschaften besteht. Diese ‚Fenster' können auftreten, wenn z. B. der Berufswunsch der Teilnehmerin noch nicht feststeht, wenn Diskrepanzen zwischen der Selbsteinschätzung und den tatsächlichen Leistungen bestehen, wenn inhaltliche Interessen an einigen naturwissenschaftlichen Bereichen bestehen, oder wenn ihre Erklärungen für Leistungen nicht überzeugend sind und alternative Erklärungen möglich wären.

Diskussion und Fazit

Ziel der vorliegenden Studie war es, Strategien der Gesprächsführung zu untersuchen, mit denen die Bildung einer naturwissenschaftlichen Identität unterstützt werden könnte, um so kulturelles *Science Capital* bei jungen Frauen zu fördern. Die Teilnehmerinnen an den DiSenSu-Coachings zeigten tendenziell etwas stärkeres Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen, schätzten jedoch ihre Fähigkeiten als negativer ein als die Vergleichsgruppe. In dieser Situation gilt es in Gesprächen zur Berufsorientierung, die konkreten Voraussetzungen der jungen Frauen zu erfragen, um mögliche Ansatzpunkte für die Berufsorientierung in den Naturwissenschaften zu definieren. Ansatzpunkte sind Zustände, bei denen potentiell eine Offenheit für die Berufsorientierung besteht. In diesen Situationen können die sechs beschriebenen Strategien sinnvoll eingesetzt werden. Dies kann möglicherweise *Science Capital* bei den Teilnehmerinnen fördern. Hier besteht allerdings weiterer Forschungsbedarf. Die Rolle der unterschiedlichen Arten von *Science Capital* bei Maßnahmen der Berufsorientierung ist noch nicht hinreichend verstanden. Ebenso gilt es, einen Leitfaden zu entwickeln, mithilfe dessen Interviewende und Lehrkräfte in der Gesprächsführung zum Aufbau von Science Capital geschult werden.

Danksagung

Das Vorhaben „DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufsorientierung für weibliche Adoleszenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden (DISENSU)" wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert.

Literatur

Archer, L., Dewitt, J., & Osborne, J. (2015). Is science for us? Black students' and parents' views of science and science careers. Science Education, 99(2), 199–237. DOI: 10.1002/sce.21146

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. Science Education, 94(4), 617–639. DOI: 10.1002/sce.20399

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). "Balancing acts''': Elementary school girls' negotiations of femininity, achievement, and science". Science Education, 96(6), 967–989. DOI: 10.1002/sce.21031

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). 'Not girly, not sexy, not glamorous': Primary school girls' and parents' constructions of science aspirations. Pedagogy, Culture & Society, 21(1), 171–194. DOI: 10.1080/14681366.2012.748676

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. Journal of Research in Science Teaching, 52(7), 922–948. DOI: 10.1002/tea.21227

Archer, L., DeWitt, J., & Willis, B. (2014). Adolescent boys' science aspirations: Masculinity, capital, and power. Journal of Research in Science Teaching, 51(1), 1–30. DOI: 10.1002/tea.21122

Carlone, H. B., Webb, A. W., Archer, L., & Taylor, M. (2015). What kind of boy does science? A critical perspective on the science trajectories of four scientifically talented boys. Science Education, 99(3), 438–464. DOI: 10.1002/sce.21155

DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox amongst minority ethnic students. International Journal of Science and Mathematics Education, 9(2), 243–271. DOI: 10.1007/s10763-010-9245-0

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (Third edition). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.

OECD. (2009). PISA 2006 Technical report. OECD Publishing.

Qu, S. Q., & Dumay, J. (2011). The qualitative research interview. Qualitative Research in Accounting & Management, 8(3), 238–264. DOI: 10.1108/11766091111162070

Rüschenpöhler, L., & Markic, S. (2019). Secondary school students' acquisition of science capital in the field of chemistry. Chemistry Education Research and Practice. DOI: 10.1039/C9RP00127A

Christina Lüders[1]
Bernadette Schorn[2]
Christian Salinga[1]
Ulrich Blum[3]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen
[2]Europa-Universität Flensburg
[3]Universität Bonn

MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung: Status quo und Ausblick

Ausgangssituation

In ganz Deutschland fehlen MINT-Lehrkräfte in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II. Am Beispiel von Nordrhein-Westfalen hat z.B. die Deutsche Telekomstiftung die Bedarfsdeckung bis 2025/26 in den MINT-Fächern aufgezeigt. Demnach wird eine drastische Verschärfung des MINT-Lehrermangels in den Fächern Chemie, Informatik, Physik und Technik erwartet, für die im Schuljahr 2025/26 eine Bedarfsdeckung unter 50% prognostiziert wird (vgl. Klemm 2015). Somit sind Maßnahmen notwendig, die dem Mangel an MINT-Lehrkräften langfristig entgegensteuern.

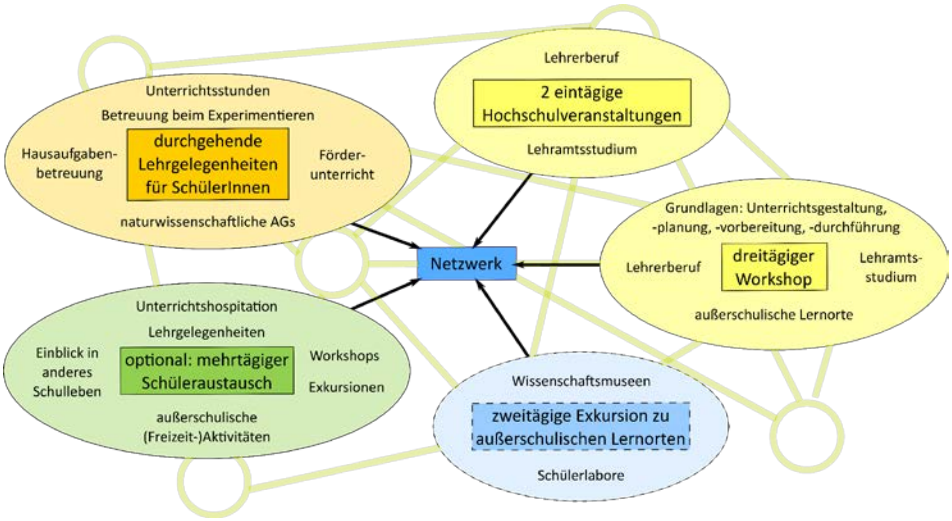
Das Programm MILeNa wurde als überregionales Programm zur **MI**NT-**Le**hrer-**Na**chwuchsförderung von sechs Hochschulen von Herbst 2013 bis Herbst 2018 durchgeführt und erreichte in vier Jahrgängen (mit einer jeweiligen Programmdauer von zwei Jahren) ca. 250 Schülerinnen und Schüler (SuS) in vier Bundesländern (vgl. Schorn et al. 2017). Durch das Programm sollen die teilnehmenden SuS eine bewusstere Studienentscheidung für MINT-Lehramts-Studiengänge treffen können. Dabei wurden zahlreiche Erfahrungen zu verschiedenen erfolgversprechenden positiven Effekten des Programms gesammelt. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass das Format nicht für deutlich größere Teilnehmerzahlen geeignet ist und somit den Herausforderungen durch den prognostizierten MINT-Lehrermangel nicht gerecht werden kann. Um größere Teilnehmerzahlen erreichen zu können, startete im Herbst 2017 ein modifiziertes MILeNa-Programm, an dem bisher in zwei Jahrgängen ca. 110 SuS teilgenommen haben. Dieses Programm wird aktuell in zwei Varianten von der RWTH Aachen und der Universität Bonn angeboten.

Das modifizierte MILeNa-Programm

Die modifizierte Variante des MILeNa-Programms kann an den teilnehmenden Schulen für SuS ab der 10. oder 11. Jahrgangsstufe in einer zweijährigen oder einer einjährigen Variante angeboten werden. Die Programmbestandteile des modifizierten MILeNa-Programms sind in Abbildung 1 dargestellt und werden im Folgenden erläutert (vgl. Schorn et al., 2018):

- Umrahmt werden die Programmbestandteile von zwei zentralen eintägigen Hochschulveranstaltungen. Während einer Auftaktveranstaltung wird den SuS das Programm vorgestellt. Bei einer Abschlussveranstaltung, die nach Möglichkeit an einer nahegelegenen Universität angeboten wird, werden Informationen zum Lehramtsstudium und zum Lehrerberuf vermittelt. Beide Veranstaltungen dienen darüber hinaus der Netzwerkbildung von SuS, Lehrkräften und Hochschulmitarbeitern.
- Ein mehrtägiger Workshop in der Anfangsphase des Programms soll die Grundlagen zur Unterrichtsgestaltung, -planung, -vorbereitung und –durchführung vermitteln. Der Workshop wird aktuell mit Übernachtungen (RWTH Aachen) oder als Heimschläfervariante (Universität Bonn) durchgeführt.
- Die beteiligten Schulen bieten den SuS möglichst durchgehend Lehrgelegenheiten an, wobei die Ausgestaltung zwischen den Schulen variiert. Beispielhaft sei genannt, dass SuS naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sek I unterstützen oder in die Planung und Durchführung von Grundschulprojekten eingebunden sind.

- Optional können die SuS an einem mehrtägigen Schüleraustausch mit einer Partnerschule aus dem Förderprogramm teilnehmen. Hierbei lernen sie u.a. das Schulleben an einer anderen Schule kennen.
- Während einer zweitägigen Exkursion erleben die SuS außerschulische Lernorte und lernen ihre Bedeutung speziell für die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung kennen.
- Neben den genannten Programmbestandteilen nimmt auch die Netzwerkbildung zwischen SuS, Lehrkräften und Mitarbeitern der beteiligten Hochschulen eine zentrale Rolle ein. Ein intensiver Austausch kann die Herausbildung einer fundierten Studienentscheidung fördern.



Abb,. 1: Darstellung der Programmbestandteile des modifizierten MILeNa-Programms (vgl. Schorn et al., 2018).

Durch die langfristige Begleitung in der Phase der Berufsentscheidung und die tiefen Einblicke in das Berufsfeld von MINT-Lehrkräften sollen die SuS, die bereits frühzeitig als am MINT-Lehramt interessiert identifiziert wurden, am Ende des Programms eine bewusste Studienentscheidung bezüglich der MINT-Lehramtsstudiengänge treffen können (vgl. Schorn 2016).

Erste Erfahrungen mit dem modifizierten MILeNa-Programm

In den Jahren 2017 und 2018 starteten 47 bzw. 60 SuS in das Programm. Die Hochschulveranstaltungen bieten auch die Möglichkeit zur wissenschaftlichen Begleitung und Evaluation des Programms. Vor den mehrtägigen Workshops werden die SuS durch Freitextaufgaben zu ihrer Einschätzung zum MINT-Lehramt und zu ihrer Motivation bezüglich ihrer Teilnahme an dem Programm gefragt. Durch induktive Kategorienbildung lassen sich die Antworten der SuS vergleichen. Zur Veranschaulichung enthält das Diagramm in Abbildung 2 unter Berücksichtigung von Mehrfachnennungen die meist genannten Antworten auf die Frage „Was reizt dich daran, ein MINT-Fach zu unterrichten?“. In Rot sind die häufigsten Antworten der SuS mit Programmstart in 2017 und in Blau die der SuS mit Start in 2018 dargestellt. Deutlich wird, dass die SuS vor allem sowohl Interesse an Naturwissenschaften, Experimenten oder der Relevanz von Naturwissenschaften haben, als auch Interesse und Spaß am Unterrichten und der Arbeit mit Kindern und Menschen zeigen.

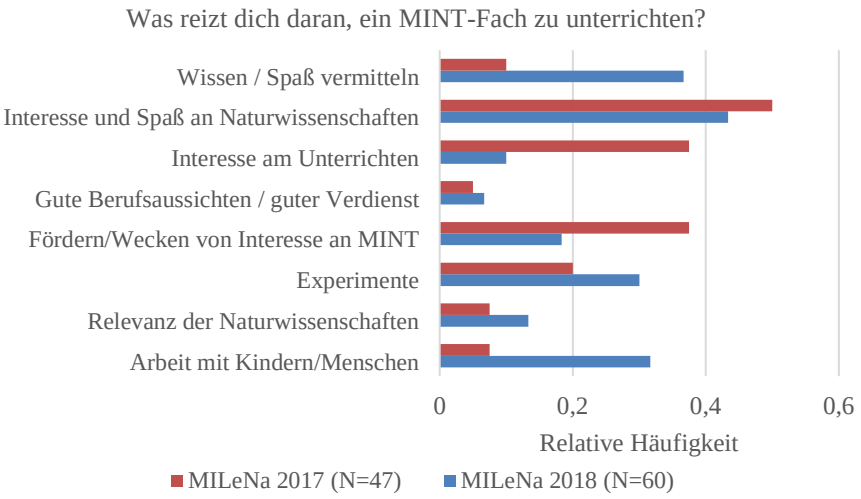


Abb. 2: Auswahl der meist genannten Motive der Teilnehmer am modifizierten MILeNa-Programm, ein MINT-Fach zu unterrichten. Angegeben ist die relative Häufigkeit der Nennungen in den Jahren 2017 (rot) und 2018 (blau).

Neben Freitextaufgaben zu Beginn und während des Programms werden auch einzelne Programmbestandteile durch anonyme Fragebögen der SuS bewertet. Sie zeigen unter anderem, dass nahezu alle SuS die mehrtägigen Workshops sowie die Exkursionen zu außerschulischen Lernorten noch einmal besuchen würden.
Am Ende des Programms erhalten die SuS die Möglichkeit sich über ihre Erfahrungen hinsichtlich des MILeNa-Programms durch leitfadenfadengestützte Feedbackinterviews auszutauschen. Auch diese Interviews eröffnen Einblicke in die Akzeptanz und Wirksamkeit einzelner Programmbestandteile.

Ausblick

Ziel der Weiterentwicklung des Programms MILeNa war es, die Skalierbarkeit des Programms auf große Teilnehmerzahlen zu erreichen. Die Erfahrungen der letzten beiden Jahre haben gezeigt, dass dieses Ziel erreichbar ist. Neben dem weiteren Programmausbau an der RWTH Aachen wird im Herbst 2019 die Universität Bonn erstmals eigenständig einen mehrtätigen Workshop mit SuS aus dem Bonner Umland organisieren. Durch die kurzen Entfernungen der teilnehmenden Schulen zur Universität Bonn wird dieser Workshop als eine „Heimschläfervariante“ durchgeführt. Darüber hinaus wird das MILeNa-Programm weiterhin wissenschaftlich begleitet und zielgerichtet evaluiert, um die Wirksamkeit des Programms und seiner Bestandteile zu analysieren.

Danksagung

Die Weiterentwicklung des Programms MILeNa wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1813 gefördert. Besonderer Dank gilt auch dem Programmpartner zdi Netzwerk Aachen & Kreis Heinsberg für die finanzielle Förderung der mehrtägigen Workshops und der Exkursionen zu außerschulischen Lernorten.

Literatur

Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer: Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens, Url: https://www.telekom-stiftung.de/klemm-studie (Stand: 15.10.2019)

Schorn, B., Heinke, H. (2018): Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung – Weiterentwicklungen des Programms für größere Teilnehmendenzahlen. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Bei-träge zur DPG-Frühjahrstagung – Würzburg 2018.

Schorn, B., Plückers, K., Salinga, C., Schreiber, N., Theyßen, H., Heinke, H. (2016): Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung – Status und Perspektiven. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Hannover 2016.

Schorn, B., Plückers, K., Salinga, C., Schreiber, N., Theyßen, H., Heinke, H. (2017): Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 194-197). Universität Regensburg.

Schorn, B., Salinga, C., Heinke, H. (2018): Perspektiven des Programms MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimension. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 392-295). Universität Regensburg.

Marcus Bohn[1] [1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
Nanni Kaiser[2] [2]Universität Osnabrück
Manuela Welzel-Breuer[1]

Förderung hochbegabter Kinder im Sachunterricht – eine Bedarfsanalyse

Die Hochbegabtenförderung ist sowohl als bildungspolitische Forderung der Kultusministerkonferenz (2015), als auch unter dem rechtlichen Aspekt der Inklusion wissenschaftlich in den Fokus der schulischen Arbeit gerückt. Darüber hinaus findet sich eine Reihe weiterer, wissenschaftlich belegter Faktoren, die potenzialgerechte Angebote (Scholz, 2014) für hochbegabte Schülerinnen und Schüler im schulischen Alltag als notwendig herausstellen. Hier anzuführen sind einerseits die Notwendigkeit der individuellen Förderung dieser Kinder zur Vermeidung von Underachievement (Rost, 2013), sowie andererseits die dadurch ermöglichte Motivationsentwicklung, wie etwa das bei Hochbegabten im besonderen Maße vorhandene Erkenntnisstreben (Lehwald, 2017) oder auch die zu berücksichtigenden Bedingungen zur Entwicklung der intrinsischen Motivation innerhalb der Self-Determination-Theory nach Ryan und Deci (2017). Unter dem sozialen Faktor einer adäquaten Hochbegabtenförderung geht es bei der Integration dieser Kinder im schulischen Kontext (Christiani, 1994) darum, ihnen eine echte Zugehörigkeit, sowie die Anerkennung innerhalb der Klasse und auch der Schulgemeinschaft (Scholz, 2014) zu ermöglichen. Letztlich ist auch der gesellschaftliche Faktor einer Hochbegabtenförderung zu berücksichtigen, welcher verdeutlicht, dass die Innovationsfähigkeit einer Gesellschaft (Scholz, 2014) und auch die Leistungsfähigkeit (Holling & Kanning, 1999) derselben in extremem Maße gerade durch das besondere Potenzial dieser Menschen bestimmt werden.

Eine Hochbegabtenförderung ist entsprechend dieser Faktoren also eine Notwendigkeit, die insbesondere unter der Prämisse der Persönlichkeits- und damit einhergehend der Hochbegabungsentwicklung bereits in der Grundschule ihren Eingang in den schulischen Alltag finden muss. Denn nach derzeitigem Erkenntnisstand ist Hochbegabung keine statische, auf einen einzigen Aspekt zurückzuführende Eigenschaft, sondern entspricht in ihrer Entwicklung einem dynamischen Prozess, welcher von einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse bedingt wird (Preckel & Vock, 2013; Trautmann, 2008). Die Schule wird von Trautmann in seinem Modell individualisierter Hochbegabung explizit als eine dieser Einflussfaktoren genannt. In den Befragungen von Endean (1983) sowie Runow und Perleth (2009), die sie direkt an hochbegabte Schülerinnen und Schüler unter besonderer Berücksichtigung von naturwissenschaftlichem Unterricht richteten, lässt sich dieser Einfluss sogar noch weiter auf den Einfluss der einzelnen Lehrkraft beziehen.

Zielstellung der Studie

Es stellt sich jedoch die Frage, wie Grundschullehrkräfte der Forderung nach inklusiver Hochbegabungsförderung und hier insbesondere im naturwissenschaftlichen Sachunterricht aktuell tatsächlich gerecht werden können. Hochbegabtenförderung ist bisher kein Thema der Lehrkräfteausbildung. Dieser Frage geht die hier vorgestellte Studie systematisch nach. In der Literatur zu findende Empfehlungen zur Gestaltung von hochbegabungsförderlichen Lerninhalten, -kontexten und auch Handlungsweisen sowohl aus pädagogischer, psychologischer als auch sachunterrichtsdidaktischer Forschung werden gesammelt und systematisiert und schließlich in das Spannungsfeld von wissenschaftlichen Empfehlungen und praktischen Bedarfen gestellt. Die praktischen Bedarfe werden durch eine schriftliche

Erhebung und Analyse auf Seiten von Grundschullehrkräften gewonnen werden. Dabei fokussieren wir seitens der Lehrkräfte die Bereiche
- **Sachkompetenz** zur Thematik Hochbegabung sowie zu Besonderheiten und Charakteristika hochbegabter Kinder,
- **Diagnosekompetenz** hinsichtlich des Erkennens von Hochbegabung,
- **Soziale Kompetenz** bezogen auf die persönliche Wahrnehmung von sowie den Umgang mit Hochbegabung,
- **Handlungskompetenz** bezüglich der etablierten Beziehungsgestaltung mit Hochbegabten sowie der Kommunikation über diese,

sowie die unterrichtlichen/schulischen Bereiche:
- der **Bedingungen** für die Förderung hochbegabter Kinder,
- der vorhandenen **Unterstützungsbedarfe**.

Auf dieser Grundlagenarbeit soll ein bedarfsgerechtes und wissenschaftlich fundiertes Fortbildungsangebot für Grundschullehrkräfte im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichtes entwickelt und implementiert werden.

Zwischenergebnisse der Literaturrecherche

Die wissenschaftlichen Empfehlungen zu einer potenzialgerechten Hochbegabtenförderung werden anhand einer derzeit laufenden Literaturanalyse erlangt. Ein erstes Zwischenergebnis nach 114 analysierten pädagogischen, psychologischen und sachunterrichtsdidaktischen Quellen macht deutlich, dass sich der Großteil der zur Thematik Hochbegabung zu findenden wissenschaftlichen Literatur mit dem Umgang mit sowie der Förderung von hochbegabten Kindern befasst und hier Empfehlungen ausgibt. Dabei beziehen sich weniger als die Hälfte (46) der Quellen mit dem Bereich der Förderung innerhalb der Grundschule und sogar nur circa ein Fünftel (24) mit der Hochbegabtenförderung innerhalb eines naturwissenschaftlichen Unterrichts (GS/Sek I/Sek II). Weitere erkannte Bereiche sind die der Diagnose (67) hinsichtlich Hochbegabung sowie der Definition beziehungsweise Beschreibung von Hochbegabung (38) (Doppelnennungen sind hierbei vorhanden).

Inhaltlich lässt sich zu den gefundenen Bereichen folgende zusammenfassende Übersicht generieren:

- Die bisher vorhandenen Diagnoseinstrumente reichen in Abhängigkeit des vertretenen Hochbegabungsverständnisses (Preckel & Vock, 2013) von Intelligenztests (Rost, 2008) bis hin zur Verhaltensbeobachtung (Gardner, 2013).
- Hochbegabte bilden keine homogene Gruppe, wobei sich einzelne Typen herausstellen lassen (Rosenboom, 2017).
- Hochbegabtenförderung besteht aus den Bereichen der Akzeleration sowie des Enrichments (Schulte zu Berge, 2005), basierend auf Differenzierung und Individualisierung (Lehwald, 2017).
- Herausforderungen mit Hochbegabten ergeben sich aus den speziellen intellektuellen (Stumpf, 2012), motivationalen (Lehwald, 2017) und arbeitstechnischen (Endean, 1983) Bedürfnissen dieser Kinder.
- Der Austausch von Lehrerinnen und Lehrern in der Schule mit den Eltern (Trautmann, 2008) und externen Beratungsstellen (Scholz, 2014) ist für einen adäquaten Umgang mit Hochbegabten notwendig.
- Schulen etablieren Akzelerations- (bspw. Klassen überspringen) und Enrichment-Angebote (bspw. Drehtürenmodell) (Scholz, 2014).

- Bedarfe der Hochbegabten wurden durch empirische Untersuchungen erhoben (siehe obige Literatur, sowie z.B. die Befragungen von Endean (1983) und Runow & Perleth (2009)). Bedarfe der Lehrerinnen und Lehrer zur Anforderungserfüllung wurden bisher nach unseren Erkenntnissen nicht erhoben und analysiert.

Befragung von Grundschullehrkräften

Entsprechend der fokussierten Bereiche der Studie und auf der Grundlage der oben beschriebenen (Zwischen-)Ergebnisse wurde nun eine Befragung der Grundschullehrkräfte entwickelt, die aufklären soll, inwieweit sie Hochbegabung erkennen (**Diagnosekompetenz**), inwieweit sie damit konstruktiv umgehen (**soziale Kompetenz**, **Handlungskompetenz**), welche **Bedingungen** in den Grundschulen vorzufinden sind und welcher **Unterstützungsbedarf** besteht. Die Notwendigkeit der Befragung ergibt sich insbesondere aus der Tatsache, dass der Status Quo einer Hochbegabtenförderung im schulischen Bereich nach der Literaturanalyse bisher nicht erhoben wurde und somit keine Informationen darüber vorliegen, ob überhaupt und wenn, wie eine solche stattfindet beziehungsweise umgesetzt wird.

Die von uns inzwischen konzipierte qualitative Befragung wird im Onlineverfahren mit sämtlichen Mannheimer Grundschullehrkräften (circa 400 Probanden) in den Monaten November und Dezember 2019 durchgeführt.
Die bereits durchgeführte Pilotierung der offenen Fragen zeigte ein sehr breites Spektrum an Antworten. Die von uns erwarteten Differenzen innerhalb der Grundschullehrerschaft hinsichtlich der oben genannten Bereiche werden sichtbar und das Befragungsinstrument erweist sich als nutzbares und ergiebiges Erhebungsinstrument.

Die Analyse der erhaltenen Befragungsdaten wird in Anlehnung an Mayring (2008) und Kuckartz (2018) in einem qualitativen inhaltsanalytischen Verfahren stattfinden, welches für den Zeitraum Januar bis Juni 2020 vorgesehen ist. Die gewonnenen Ergebnisse werden im Sinne des „streamlined codes-to-theory model for qualitative inquiry“ nach Saldaña (2016) genutzt, um den fokussierten Bereichen dieser Studie entsprechend die übergeordneten Kompetenzen und Bedarfe der Grundschullehrkräfte herausstellen zu können. Diese werden anschließend über einen Matchingprozess mit den erkannten aktuellen wissenschaftlichen Empfehlungen zusammengebracht. Dabei ist festzuhalten, dass die erkannten Bedarfe sich also nicht nur auf die von den Lehrkräften innerhalb der Befragung geäußerten Bedarfsaspekte beschränken. Zusätzlich werden die Ergebnisse der Literaturrecherche und der Lehrkräfteaussagen hinsichtlich erkannter Defizite der Lehrpersonen untersucht, um mögliche Inhalte für notwendige Fortbildungsangebote zur inklusiven Hochbegabungsförderung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule zu ergänzen.

Durch dieses Vorgehen soll gewährleistet werden, dass durch die resultierenden Fortbildungen Hochbegabten in inklusiven Lernsettings durch die Grundschullehrkräfte eine potenzialgerechte Förderung zukommt, welche die relevanten individuellen und sozialen Faktoren berücksichtigt und aufgreift.

Literatur

Christiani, R. (1994). *Auch die leistungsstarken Kinder fördern*. Frankfurt: Cornelsen Scriptor.

Endean, L., (1983). The Ideal Science Lesson: (Views expressed by pupils participating in a science extension course). *Gifted Education International,* 1, 120 – 125. DOI: 10.1177/026142948300100218

Gardner, H. (2013). *Intelligenzen. Die Vielfalt des menschlichen Geistes* (4. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta. (Originalwerk veröffentlicht 1999)

Holling, H., Kanning, U., P. (1999). *Hochbegabung. Forschungsergebnisse und Fördermöglichkeiten*. Göttingen: Hogrefe.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Kultusministerkonferenz (2015). *Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015) Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-_neu.pdf

Lehwald, G. (2017). *Motivation trifft Begabung: Begabte Kinder und Jugendliche verstehen und gezielt fördern*. Bern: Hogrefe.

Mayring, P. (2008). Neuere Entwicklungen in der qualitativen Forschung und der Qualitativen Inhaltsanalyse. In Mayring, P., & Gläser-Zirkuda, M. (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (2. Aufl.) (S. 7-19). Weinheim: Beltz.

Preckel, F., & Vock, M. (2013). *Hochbegabung. Ein Lehrbuch zu Grundlagen, Diagnostik und Fördermöglichkeiten*. Göttingen: Hogrefe.

Rosenboom, M. (2017): Profile von Hochbegabten – Auffrischung und Update. *Labyrinth,* 134.

Rost, D. H. (2013). *Handbuch Intelligenz*. Weinheim: Beltz.

Runow, V., & Perleth, C. (2009). *Abschlussbericht zur Studie „Förderung von Hochbegabten – Welche Lehrkräfte wünschen sich die Hochbegabten?“ („Wunschlehrerstudie“)*. Salzburg: Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung. Abgerufen von https://docplayer.org/5693424-Abschlussbericht-zur-studie-foerderung-von-hochbegabten-welche-lehrkraefte-wuenschen-sich-die-hochbegabten-wunschlehrerstudie.html.

Ryan, E. L., & Deci, R. M. (2017). *Self-Determination Theory – Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. New York: Guilford Press.

Saldaña, J. (2016). *The Coding Manual for Qualitative Researchers* (3rd ed.). Los Angeles: Sage Publications.

Scholz, I. (2014). *Begabtenförderung ganz praktisch*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Schulte zu Berge, S. (2005). *Hochbegabte Kinder in der Grundschule. Erkennen – Verstehen – Im Unterricht berücksichtigen*. Münster: LIT.

Stumpf, E. (2012). *Förderung bei Hochbegabung.* Stuttgart: Kohlhammer.

Trautmann, T. (2008). *Hochbegabt – was (t)nun?* (2. erw. Aufl.). Münster: LIT.

Simone Rückert
Helena van Vorst
Universität Duisburg-Essen

Herausforderungen angehender Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts am Berufskolleg

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

In allgemeinbildenden Schulen wird die Inklusionsthematik gegenwärtig verstärkt diskutiert. An beruflichen Schulen, an denen man eine erhöhte Heterogenität der Lernenden feststellen kann, spielt der Inklusionsaspekt bisher jedoch nur eine untergeordnete Rolle (Euler & Severing, 2016). Nicht zuletzt mit Blick auf den Fachkräftemangel in einigen Berufsrichtungen und den demographischen Wandel ist die Integration aller Schülerinnen und Schüler in das berufliche Ausbildungssystem erforderlich (BMAS, 2011). Mit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention durch die Bundesregierung stehen Schulen, Universitäten und auch andere Bildungsträger vor der schwierigen Aufgabe, inklusiven Unterricht flächendeckend umzusetzen. Damit dies erfolgreich gelingen kann, bedarf es neben hinreichenden Kenntnissen auch einer aufgeschlossenen Haltung der Lehrkräfte zum gemeinsamen Lernen in heterogenen Klassen. Hierzu zeigen Studien, dass praktizierende und angehende Lehrkräfte dem Gemeinsamen Unterricht – einem Konzept für einen differenzierenden und inklusiven Unterricht – gegenüber überwiegend positiv eingestellt sind, jedoch Bedenken hinsichtlich der unzureichenden Vorbereitung auf inklusive Klassen und mangelhaften institutionellen Rahmenbedingungen äußern (Lambe & Bones, 2006; Amrhein, 2011). Neben Einstellungen gelten in der Literatur auch die Bereitschaft und die Selbstwirksamkeit als relevante Variablen für die Umsetzung von Gemeinsamem Unterricht (u.a. Feyerer, 2013; Mahat, 2008; Schlüter, 2018), da diese in Kombination Voraussagen für das tatsächliche Handeln der Lehrkraft im Unterricht ermöglichen (Gebhard, Schwab, Nusser & Hessels, 2015).

Eine Perspektive zum Umgang mit den Bedarfen aller Lernenden bietet das Universal Design for Learning (UDL). Beim UDL-Ansatz handelt es sich um ein Rahmenkonzept zur Planung von Gemeinsamem Unterricht. Hierbei erhalten Schülerinnen und Schüler nicht nur einen verbesserten Zugang zu Informationen, sondern auch zum Lernen an sich (Meyer, Rose & Gordon, 2014). Die UDL-Guidelines liefern eine Orientierungshilfe für Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung eines Unterrichts mit „größtmöglicher Zugänglichkeit“ (Wember & Melle, 2018). Dazu werden drei Netzwerke des Lernens beschrieben, die in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt sind.

Engagement und Beteiligung Affektives Netzwerk	Darstellung und Erklärung Wahrnehmungsnetzwerk	Handeln und Ausdruck Strategisches Netzwerk
Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten zur Motivation bereit.	Stellen Sie mehrere Darbietungsformen zur Verfügung.	Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten für Handlungen und aktive Beteiligung bereit.

Abb. 1: Die Netzwerke des Lernens und die UDL-Guidelines (vgl. Meyer et al., 2014)

Jedes Netzwerk wird in drei Subkategorien weiter ausdifferenziert, sodass konkrete Empfehlungen für Lehrkräfte zu dessen Umsetzung formuliert werden. Beispielhaft zeigt Abbildung 2, wie dies für das Wahrnehmungsnetzwerk aussieht.

Darstellung und Erklärung Wahrnehmungsnetzwerk	Subkategorien der Guidelines:
	- Stellen sie vielfältige Möglichkeiten der Wahrnehmung bereit. - Stellen Sie Varianten für Sprache, mathematische Ausdrücke und Symbole bereit. - Stellen Sie Varianten zur Förderung des Verständnisses bereit.
Stellen Sie mehrere Darbietungsformen zur Verfügung.	

Abb. 2: UDL-Guideline für das Wahrnehmungsnetzwerk mit Subkategorien (Fisseler, 2015)

Geht man weiter ins Detail, dann lassen sich diese Subkategorien nochmals aufspalten. Unter der Subkategorie „Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten der Wahrnehmung bereit“ befinden sich dann die Unterpunkte:

- Wege anbieten, die die Darstellung von Informationen personalisieren
- Alternativen zu auditiven Informationen anbieten
- Alternativen zu visuellen Informationen anbieten (vgl. CAST, 2011)

Diese Kategorisierung über mehrere Ebenen lässt eine Art Raster entstehen, welches zum Beispiel als Checkliste für Lehrkräfte bei der Planung und Umsetzung von Gemeinsamem Unterricht genutzt werden kann. Dabei entscheidet jede Lehrperson individuell, welche Kategorien und Unterpunkte in einer spezifischen Klasse notwendig sind und welche vernachlässigt werden können.

Wie eingangs erwähnt, ist im Bereich des Berufsschullehramts noch Aufholbedarf, was Aufklärungsarbeit und Maßnahmen rund um den Gemeinsamen Unterricht betrifft. Ebenso gibt es keine Studien, die die Perspektive von Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern für das Berufskolleg zu dem Thema untersuchen.

Forschungsfragen

Aufgrund des aufgezeigten Forschungsbedarfs liegt der Fokus dieses Projekts auf folgender explorativer Fragestellung:

FF1: Welche Schwierigkeiten haben Masterstudierende sowie Referendarinnen und Referendare naturwissenschaftlicher Unterrichtsfächer für das Lehramt am Berufskolleg bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts?

a) Welche Einstellungen haben angehende Lehrkräfte gegenüber dem Konzept des Gemeinsamen Unterrichts?
b) Wie hoch ist die Bereitschaft angehender Lehrkräften zur Umsetzung Gemeinsamen Unterricht?
c) Welche Selbstwirksamkeitserwartung haben Studierende und Referendarinnen und Referendare im Lehramt für das Berufskolleg bezüglich der Umsetzung gemeinsamen Unterrichts?
d) Welche Elemente des UDL lassen sich in schriftlichen Unterrichtsentwürfen und in der praktischen Umsetzung einer Unterrichtsstunde der angehenden Lehrkräfte erkennen?

Forschungsdesign und Forschungsinstrumente

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird basierend auf dem Fragebogen von Schlüter (2018) ein paper-pencil-Fragebogen für Studierende und Referendarinnen und Referendare entwickelt, der sowohl deren Einstellung als auch die Bereitschaft und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Gemeinsamen Unterricht erhebt. Des Weiteren werden die Probandinnen und Probanden gebeten, Unterrichtsentwürfe für zwei Unterrichtsstunden in ihrem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach zu erstellen. Ein Schwerpunkt soll bei den Entwürfen auf der Berücksichtigung der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler liegen. Zur genaueren Analyse der unterrichtspraktischen Umsetzung wird eine Unterrichtsstunde der Teilnehmerinnen und Teilnehmer videografiert. Ergänzend werden Probandinnen und Probanden in einem leitfadengestützten Interview zu ihren Unterrichtsentwürfen befragt. Außerdem werden die Schülerinnen und Schüler der videografierten Stunde mithilfe eines Fragebogens hinsichtlich der Adaptivität des Unterrichts und zu deren allgemeiner Einstellung gegenüber dem gerade durchgeführten Unterricht befragt (vgl. Michna & Melle, 2018). Die genannten Forschungsinstrumente des Studiendesigns werden in dieser Reihenfolge sowohl mit Masterstudierenden des Lehramtsstudiengangs Biotechnik an der Universität Duisburg-Essen als auch mit Referendarinnen und Referendare mit naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in Kooperation mit den Zentren für schulpraktische Lehrerbildung (ZfsL) in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Es ist geplant, dieses Vorgehen mit drei Kohorten von Studierenden und Referendarinnen und Referendaren zu wiederholen.

Zur Auswertung der Unterrichtsentwürfe und der Videoaufnahmen wird ein Kodiermanual (in Anlehnung an Schlüter, 2018) deduktiv aus den UDL-Guidelines unter Berücksichtigung des Berufsschulkontexts entwickelt.

Erwarteter Ertrag

Neben einem besseren Verständnis für die Schwierigkeiten von Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern bei der Planung und Umsetzung Gemeinsamen Unterrichts am Berufskolleg, soll auch eine Einschätzung der allgemeinen Einstellung, der Bereitschaft und der Selbstwirksamkeitserwartung von Probandinnen und Probanden gegenüber Gemeinsamem Unterricht erfasst werden. Des Weiteren ist geplant auf Grundlage der Ergebnisse ein Unterstützungsangebot für die Planung und Umsetzung Gemeinsamen Unterrichts für das Masterstudium zu entwickeln. Der UDL-Ansatz soll dabei als Grundlage für die Entwicklung des Unterstützungsangebotes dienen und auf die besonderen Bedarfe des Berufskollegs abgestimmt werden.

Literatur

Amrhein, B. (2011). *Inklusion in der Sekundarstufe: Eine empirische Analyse*. Klinkhardt Forschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales). (2011). Unser Weg in eine inklusive Gesellschaft – der Nationale Aktionsplan der Bundesregierung zur Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention. Verfügbar unter: https://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/a740-aktionsplan-bundesregierung.html

CAST. (2011). Universal Design for Learning (UDL) Guidelines. Abgerufen von http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines

Euler, D. & Severing, E. (2016). Inklusion in der beruflichen Bildung. Daten, Fakten, offene Fragen [online]. Verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Inklusion_in_der_beruflichen_Bildung_Daten_Fakten_offene_Fragen.pdf

Feyerer, E., Reibnegger, H., Hecht, P., Niedermair, C., Soukup-Altrichter, K., Plaimauer, C., Prammer-Semmler, E., Moser, C., Bruch, S. (2013). Inklusive Bildung: Einstellungen und Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und LehrerInnen für die Umsetzung inklusiver Bildung. Deutsche Version SACIE-R 2013 & TEIP 2013.

Fisseler, B. (2015). Universal Design im Kontext von Inklusion und Teilhabe – Internationale Eindrücke und Perspektiven. In: Recht & Praxis (2), S. 45-51.

Gebhardt, M., Schwab, S., Nusser, L., Hessels, Marco G.P. (2015). Einstellungen und Selbstwirksamkeit von Lehrerinnen und Lehrern zur schulischen Inklusion in Deutschland – eine Analyse mit Daten des Nationalen Bildungspanels Deutschlands (NEPS). In: Empirische Pädagogik, Vol. 29 (2), S. 211-229.

Heyl, V., Trumpa, S., Seifried, S., & Janz, F. (2014). Inklusion beginnt im Kopf?!: Einstellungsforschung zu Inklusion (EFI). In S. Schuppener, N. Bernhardt, M. Hauser, & F. Poppe (Eds.), *Inklusion und Chancengleichheit. Diversity im Spiegel von Bildung und Didaktik* (pp. 39–47). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt

Wember, F.B. & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In: Hußmann, S; Welzel, B. [Hrsg.]: DoProfiL. Das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Münster; New York: Waxmann

Lambe, J. & Bones, R. (2006). Student teachers' perceptions about inclusive classroom teaching in Norther Ireland prior to teaching practice experience. In: European Journal of Special Needs Education, Vol. 21 (2), S. 167-186.

Mahat, M. (2008). The development of a psychometrically-sound instrument to measure teachers' multidimensional attitudes toward inclusive education. In: International Journal of Special Education, Vol. 23 (1), S. 82-92.

Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning. Theory and Practice*. Wakefield: CAST.

Schlüter, A.-K. (2018). *Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 257. Berlin: Logos.

Joachim Kranz Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Inklusion und Problemlösen im Chemieunterricht - ein Modellansatz

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Problemlösen bietet eine Möglichkeit, verschiedene Anforderungen eines inklusiven Chemieunterrichts zu berücksichtigen, wobei das Promotionsprojekt ausdrücklich auf dem weiter zu fassenden Begriff der Inklusion beruht. Die vorliegenden Modelle für inklusiven Unterricht berücksichtigen wichtige Einflussfaktoren, sie wurden bisher aber nicht in Best-Practice Beispiele für das naturwissenschaftliche Unterrichten überführt (Feuser, 1998; Gebauer & Simon 2012; Moser & Pech 2017). Zudem sind die Modelle nicht in hierarchischer Form aufgebaut, sie bieten keine Handlungsanleitungen für die Lehrkräfte.
Das 2016 von Stinken-Rösner, Abels, Rott & Nehring gegründete „Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht“ (NinU) untersucht die didaktische Fundierung, Prädiktoren, Kennzeichen und Gestaltungselemente inklusiven Chemieunterrichts. Ein für Lehrkräfte als Planungselement handhabbares Modell des inklusiven Unterrichts mit Best-Practice-Beispielen wurde von NinU bisher noch nicht abgeleitet.
Aus diesen Desiderata der Fachdidaktik Chemie wurde die folgende Forschungsfrage abgeleitet: Wie lassen sich die konzeptionellen und didaktischen Anforderungen und Aspekte an das Problemlösen in einem inklusiven Chemieunterricht in einem Modell darstellen und empirisch evaluieren?

Theoretische Grundlagen der Entwicklung des Modells
Als eine Basis der Entwicklung des Modells wurden die Forschungsergebnisse zur inneren Differenzierung im Chemieunterricht herangezogen (Rumann, 2005; Reiners & Groß 2017; Koenen, Emden & Sumfleth, 2016), wonach Gestaltung des Chemieunterrichts im Sinne eines differenzierenden Lernarrangements, in dem die Schülerinnen und Schüler entsprechend ihrer lern- und entwicklungsbedingten Voraussetzungen inklusiv lernen können, also die prinzipielle Öffnung des Unterrichts für variable Lernwege und differierende Lernergebnisse.

Als weitere Grundlagen sind in die Konzeption des Modells die folgenden Erkenntnisse eingeflossen:
- Forschungsergebnisse zur Differenzierung (Stäudel, 2009) und zum Umgang mit leistungsheterogenen Gruppen (Prediger & Aufschnaiter, v., 2017; Seitz, 2018),
- Modell von Heimlich und Kahlert für den Bereich der Sonderpädagogik (Heimlich & Kahlert, 2014),
- erprobtes Standardmodell der iMINT-Akademie Berlin für inklusive Lernumgebungen (Trense & Ernst, 2015),
- Domänenspezifische Charakteristika und Kriterien von Unterrichtsqualität (Ramseger, 2013),
- Prinzipien des Universal Design for Learning (UDL) für inklusive Lerngelegenheiten (Rose & Meyer, 2002),
- Struktur und Förderung von Problemlöseprozessen (Koppelt 2011).

Modell für den inklusiven Chemieunterricht (MiC-Modell)
Das konzipierte Modell für den inklusiven Chemieunterricht (siehe Abb. 1) lehnt sich dabei eng an das im Bereich der sonderpädagogischen Forschung evaluierte Modell von Heimlich und Kahlert für den Bereich der Sonderpädagogik und das erprobte Standardmodell der

iMINT-Akademie für inklusive Lernumgebungen an. Das MiC-Modell greift zusätzlich zu den domänenspezifischen Charakteristika auch allgemeine Kriterien von Unterrichtsqualität mit auf (Helmke, 2003). Anzuführen sind hier insbesondere die Aspekte Strukturiertheit und Klarheit, Kompetenz- und Kontextorientierung und Aktivierung des selbstständigen Lernens.

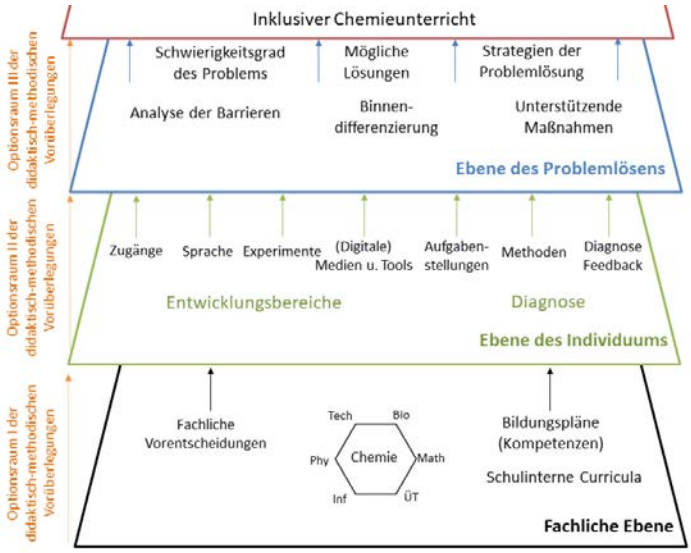


Abb. 1: MiC-Modell

Die Architektur des "Modells zum inklusiven Chemieunterricht" (MiC) ist so gestaltet, dass für Lehrerinnen und Lehrer konkrete, planungsleitende Hilfestellungen für den Unterricht daraus ableitbar sind. Sie wird durch drei Ebenen charakterisiert: Die unterste Ebene wird durch die fachlichen Vorgaben, die auf staatlicher Seite durch die Bildungspläne fixiert sind und durch die schulische Seite, die ein schulinternes Curriculum formuliert, festgelegt. Auf der 2. Ebene, der des Individuums, werden nach einer Diagnose die Entscheidungen getroffen, die neben der didaktischen Reduktion die verschiedenen Zugänge betreffen. Die dritte Ebene schließlich betrifft die Entscheidungen bezüglich der Auswahl und der Art und Weise der Formulierung des Problems. Zur Erprobung wurde eine interaktive Lehrumgebung zum Thema Feuer und Flamme für die 7. Jahrgangsstufe im Umfang von fünf Stunden konzipiert und evaluiert.

Forschungsdesign

Die Passung von MiC-Modell und der interaktiven Lehrumgebung wurde in einem Expertenrating mit 14 Doktoranden und Lehrkräften überprüft. Das Expertenrating hat den Transfer des MiC-Modells in die Lernumgebung mit der Konzeption des interaktiven Lehrbuches bestätigt. Die Evaluation verfolgt zum einen das Ziel, in Gruppen unterschiedlicher Leistungsheterogenität quantitativ das (erfolgreiche) Nutzen verschiedener Angebote des interaktiven Lehrbuches der Lerner abzubilden (siehe Abb. 3), zum anderen soll auf der Seite der Lehrkräfte qualitativ die Umsetzbarkeit und Akzeptanz des MiC-Modells erhoben werden. Dazu werden ca. 100 Schülerinnen und Schüler je Schulform ISS und Gymnasium sowie 12 Lehrkräfte in die Studie eingebunden, die im Herbst 2019 durchgeführt wird.

Abbildung 2: interaktives Lehrbuch, Icons und Link

Die Lernumgebung Feuer und Flamme stellt eine Synthese aus experimentellem Arbeiten, der Nutzung des interaktiven Lehrbuches (Abb. 2) und eines Forscherheftes zur Dokumentation der Ergebnisse dar. In zwei Lernsequenzen explorieren die Lernenden den Gasbrenner, um dann in der 3. Sequenz in eine Phase des Problemlösens einzutreten. Abschließend erfolgt ein Transfer durch die fundierte Nutzung des Gasbrenners zur Herstellung eines Glasproduktes.

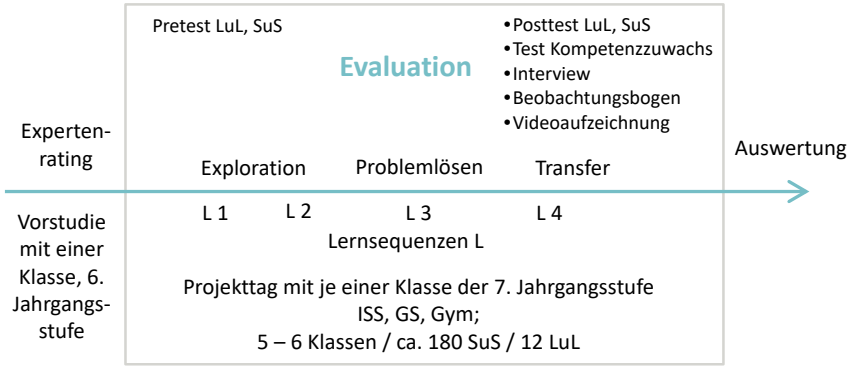


Abb. 3: Design der Evaluation

Erste Ergebnisse

Als erste Ergebnisse der Vorstudie mit 25 Schülerinnen und Schüler und zwei Lehrkräften lässt sich festhalten:

- Die Begleitung der Lernumgebung durch das interaktive Lehrbuch wird von allen Lernenden positiv bewertet (Trifft zu/3stufige Skala).
- Die Lehrkräfte bewerten die Eignung des interaktiven Lehrbuches für den inklusiven Chemieunterricht unter Berücksichtigung der Aspekte der sprachlichen Unterstützung, der Nutzung unterschiedlicher Zugänge, die Unterstützung durch Videotutorials, das Angebot von Lernhilfen, die Einbindung spielerischer Elemente zur Wissensüberprüfung ebenfalls positiv (Trifft überwiegend zu/Trifft eher zu, 4stufige Skala).
- 24 von 25 Schülerinnen und Schülern haben den Brennerführerschein bestanden (insg. 10 Fragen, bei 7 korrekt beantworten Fragen Test bestanden).

Literatur

Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt – Neue Perspektiven im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, S. 2–6.

Feuser, G. (2018). Entwicklungslogische Didaktik - In: Müller, Frank J. [Hrsg.]: *Blick zurück nach vorn - WegbereiterInnen der Inklusion*. Bd. 2. Originalausgabe. Gießen: Psychosozial-Verlag, S. 147-165.

Frohn, J., Brodesser, E., Moser, V. & Pech, D. (2019). *Inklusives Lehren und Lernen. Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 209 S.

Gebauer, M. & Simon, T. (2012). Inklusiver Sachunterricht konkret: Chancen, Grenzen, Perspektiven. In: *www.widerstreit-sachunterricht.de*, Nr. 18, Oktober 2012 (19 Seiten) (25.08.2019)

Göransson, K. & Nilholm, C. (2014): Conceptual diversities and empirical shortcomings – a critical analysis of research on inclusive education. *European Journal of Special Needs Education*, 29:3**,** S. 265-280.

Heimlich, U. & Kahlert, J. (2014). *Inklusion in Schule und Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer-Verlag,

Heimlich, U. & Wilfert de Icaza, K. (2019). Qualität inklusiver Schulentwicklung - Erste Konsequenzen für die Lehreraus- und -weiterbildung - In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* 7 (2014) 2, S. 104-119.

Hoffmann, T. & Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In: Menthe, J., Höttecke, D., Zabka, T., Hammann, M. & Rothgangel, M. (Hrsg.) *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe*, Beiträge der fachdidaktischen Forschung. Münster: Waxmann Verlag, S. 131-141.

Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung, Ganz In – Materialien für die Praxis*. Münster: Waxmann-Verlag.

Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht.* Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin

Kultusministerkonferenz (KMK) (2011). *Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen*, Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen beschluesse /2011 /2011-Inklusive-Bildung.pdf (25.08.2018)

Kultusministerkonferenz (KMK) (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt*. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf (25.08.2019)

Labudde, P. & Adamina, M. (2008). HarmoS Naturwissenschaften: Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht von morgen. In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 26, S. 351-360.

Prediger, S. & Aufschnaiter, C. v. (2017). Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen aus fachdidaktischer Perspektive. In Bohl, T., Budde, J. & Rieger-Ladich, M. (Hrsg.), *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 291-307.

Ramseger, J. & Anders, Y. (2013). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“.* Schaffhausen: SCHUBI Lernmedien AG, Bd. 5.

Rose, D. & Meyer, A. (2013). *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. Wakefield: Cast Publishing**.**

Reiners, C. & Groß, K. (2017). *Aktuelle Herausforderungen im Chemieunterricht*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik*. Berlin: Logos-Verlag.

Scherer, R. (2014). Komplexes Problemlösen im Fach Chemie: - Ein domänenspezifischer Zugang. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28 (4), S. 181–192.

Seitz, S. & Pfahl, L. (2016). *Hochbegabung inklusive: Inklusion als Impuls für Begabungsförderung an Schulen. Auf dem Weg zu mehr Bildungsgerechtigkeit*. Weinheim: Beltz-Verlag.

Seitz, S. (2018). Forschung zu inklusivem Sachunterricht – Bestandsaufnahme und Perspektiven. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider, S. 96-111.

Seitz, S. & Simon, T. (2018). Grundlagen und Prinzipien diagnostischen Handelns im inklusiven Sachunterricht. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider, S. 80-95.

Stäudel, L. (2009). Differenzieren im Chemieunterricht - Eine Herausforderung für Lehrkräfte, Lernende und das Selbstverständnis von Schule – In: *Unterricht Chemie, Differenzieren* - Heft 111/112, 20. Jg. S. 8-12.

Stäudel, L. (2009). Aufgaben mit gestuften Hilfen – In: *Unterricht Chemie, Differenzieren* - Heft 111/112, 20. Jahrgang, S. 72-78.

Trense, S. & Ernst, C. (2017). *Lernumgebungen für inklusiven Unterricht: Stoffeigenschaften – eine Forschungsreise*, iMINT-Akademie der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie. In: Online-Medienportal der Siemensstiftung, https://medienportal.siemens-stiftung.org/108781 (25.08.2019)

UNESCO (1994). *Salamanca-Framework. World conference on special need education: acces and quality*. In: http://www.unesco.org/education/pdf/SALAMA_E.PDF. (25.08.2019).

Antje Heine[1]
Erik Heine[2]

[1]Technische Universität Dresden
[2]Zentrum für Lehrerbildung, Schul- und Berufsbildungsforschung (ZLSB)

Die Serie „Genius“ als NoS-Lerngelegenheit in Schule und Hochschule

Ausgangssituation und Motivation

Forschungen zum Lehren und Lernen von NoS-Aspekten (**N**ature **o**f **S**cience) haben gezeigt, dass spezifische Bedingungen erfüllt sein müssen, um das Wesen der Naturwissenschaften lernwirksam und gewinnbringend zu vermitteln. Neben einer expliziten Thematisierung gehört hierzu die Verknüpfung mit einem Kontext, zu dessen Ausgestaltung eigene forschungsähnliche Aktivitäten oder historische Fallstudien dienen können (Bell 2009). Für eine komplexe Darstellung wissenschaftsgeschichtlicher Ereignisse und Entwicklungen eignet sich neben Textquellen ebenso fundiertes Filmmaterial.
Filme und Serien stellen eine mögliche Quelle von Schüler*innen- und Studierendenvorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften dar und können sowohl adäquate als auch inadäquate Vorstellungen fördern (Höttecke & Hopf, 2018). Möglicherweise bieten solche Medien gleichzeitig auch die Chance für eine explizite Thematisierung von NoS-Aspekten im Unterricht oder Lehramtsstudium. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll untersucht werden, inwieweit dies mit der Serie *Genius. Staffel 1: Einstein* möglich ist.

Die Serie „Genius“

Es handelt sich bei der Serie um eine von *National Geographic* produzierte US-amerikanische Serie aus dem Jahr 2017. Innerhalb von zehn Folgen wird das Leben und Wirken von Albert Einstein dargestellt - begonnen mit seiner ersten gescheiterten Aufnahmeprüfung für das Studium 1895 bis zu seinem Tod im Jahr 1955. Der Inhalt basiert auf der Einstein Biografie von Walter Isaacsons „Einstein: His Life and Universe“ (2007). Diese Biografie zeichnet sich vor allem durch einen breiten und interdisziplinären Blick auf Einsteins Leben aus (Gallos 2008). Isaacson verbindet in seinem Werk politische, kulturelle, soziale und wissenschaftshistorische Aspekte mit Inhalten der Physik. Diese Stärke wurde gleichermaßen auch in der Verfilmung umgesetzt, weshalb die Hypothese aufgestellt wurde, dass sich die Serie für eine Thematisierung von NoS-Aspekten eignet.

Forschungsfragen

Die übergeordnete Frage, welche beantwortet werden soll, lautet:

- Inwiefern eignet sich die Serie „Genius“ für eine Auseinandersetzung mit NoS-Aspekten im Physikunterricht bzw. in der Ausbildung von Physiklehrkräften?

Dazu müssen zunächst folgende Fragen beantwortet werden:

- Lassen sich Szenen mit NoS-Bezug identifizieren?
- Wenn ja, welche NoS-Aspekte spielen dabei eine Rolle?

Methodisches Vorgehen

Die Auswertung des Filmmaterials erfolgte mit Hilfe der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz 2012) Für die Untersuchung wurde zunächst ein deduktives Kategoriensystem auf Basis von Höttecke & Hopf (2018) sowie Ledermann (2007) erstellt. Darauf folgte die Sichtung des ersten Materials (Folge 1 & 2), wobei jegliche Ausschnitte, die einen Bezug zum Wesen der Naturwissenschaften aufweisen, von zwei unabhängigen Ratern codiert worden sind. Nach jeder Folge wurden alle Codierungen verglichen und das Kategoriensystem diskutiert und überarbeitet. Diese Schritte wiederholten sich nach jeder Folge, so-

dass das Kategoriensystem am Ende deduktiv-induktiv entstanden ist und mehrfach überarbeitet bzw. ergänzt wurde. Ziel war hierbei die Erstellung eines Codierleitfadens, welcher Kategorienname, -beschreibung und Ankerbeispiele umfasst. Der Codierleitfaden wurde ebenso für die Analyse von Filmen zu Clara Immerwahr und Marie Curie eingesetzt.

Erste Ergebnisse

In der Serie Genius konnten vielfältige Bezüge zur Natur der Naturwissenschaften nachgewiesen werden. Die Bandbreite an Aspekten wird anhand des Kategoriensystems deutlich, welches in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt ist.

Hauptkategorie	**Unterkategorie**	**Ankerbeispiel**
Person des Wissenschaftlers	Geschlecht	Folge 1: in Vorlesung von Einstein sitzen nur Männer
	Kreativität	Folge 2: Einstein wacht mit folgendem Einfall auf: Gas entspricht Zustand der Violine (Violine, Tanzen, Moleküle)
	Allein, Team	Folge 5: Einstein vermisst Grossmann für Zusammenarbeit (v.a. Mathematik), auch Marie Curie fand Zusammenarbeit mit ihrem Mann sehr gut
	Motivation	Folge 3: Einstein hat kein Interesse an Preisen, Geld oder Berühmtheit, nur Erkenntnisinteresse und Verstehen
Naturwissenschaftliches Experimentieren	Art des Experimentierens	Folge 3: Röntgen entdeckt X-Ray: exploratives Experimentieren, Entdeckung
	Messprozess	Folge 4: Marie Curie hat Messung oft wiederholt (20 Mal), da Ergebnis nicht so ausfiel wie erwartet, Messung ist jedoch keine Anomalie, sondern Entdeckung eines radioaktiven Elements
Epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens	Vorläufigkeit	Folge 4: Einstein spricht vor und will Promotion einreichen, Reaktion darauf "Wollen Sie in Frage stellen, was seit über 200 Jahren gilt?"
	Modelle	Folge 1: Diskussion Modellierung des Sehvorgangs (Empedokles), Modellgrenzen
	Bezug zur Wirklichkeit	Folge 4: Planck: Quanten sind keine realen Phänomene, nur ein mathematisches Konstrukt (Lichtquantenhypothese von Einstein ist Schwachsinn)
Naturwissenschaftliche Wissensproduktion	Außerwissenschaftliche Faktoren	Folge 7: Verhalten von Wissenschaftlern im Krieg, Humanität oder militärische Forschung, z.B. will Rathenau, dass Naturwissenschaftler das Militär für den Krieg unterstützen – erbittet Unterschrift; Einstein unterschreibt nicht
	Konsensfindung/ Kontroversen	Folge 8: Diskussion mit Bohr über Quantentheorie
	Soziale Aspekte	Folge 8: Lenards Schrift gegen Einstein: Allgemeine Relativitätstheorie als jüdische Theorie, 19 Physiker unterschreiben
	Methodisches Vorgehen	Folge 7: Sonnenfinsternis wurde von Eddington beobachtet, Allgemeine Relativitätstheorie bestätigt (Wechselspiel theoretische Vorhersage – experimentelle Beobachtung)

Abb. 1 Kategoriensystem mit Ankerbeispielen

Die einzelnen Unterkategorien kommen unterschiedlich häufig vor (s. Abb. 2). Betrachtet man die Anzahl der codierten Szenen, so zeigt sich, dass vor allem *außerwissenschaftliche Faktoren, methodisches Vorgehen* und *soziale Aspekte* am häufigsten codiert wurden. *Außerwissenschaftliche Faktoren* und damit der Einfluss politischer, ökonomischer und militärischer Interessen auf die Forschung weisen eine hohe Anzahl codierter Szenen auf, da beispielsweise in einer gesamten Folge die Entwicklung der Atombombe sowie die damit verbundene Rolle von Heisenberg und Einstein thematisiert wird. Viel Raum nehmen ebenso die Arbeiten von Fritz Haber - sein Beitrag zum Einsatz von Giftgas im 1. Weltkrieg, seine Errungenschaften bei der Ammoniaksynthese sowie sein Nobelpreisgewinn - ein.

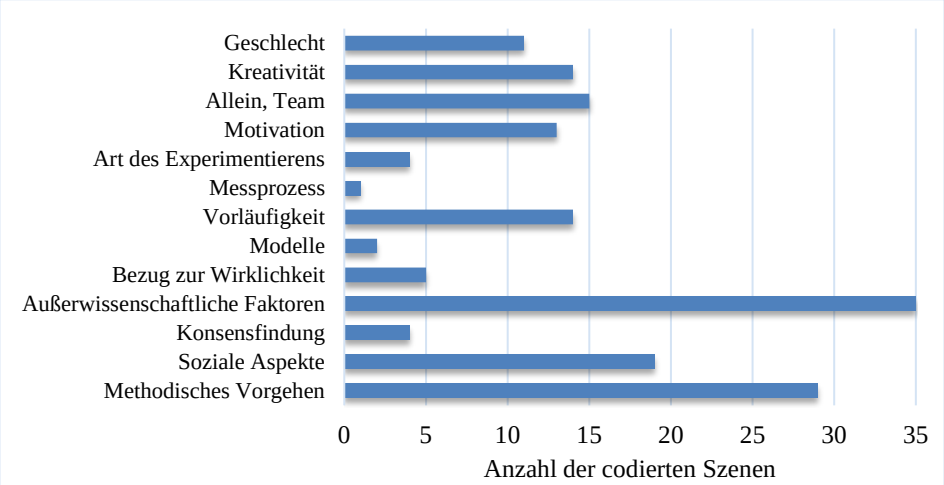


Abb. 2 Anzahl der codierten Szenen für alle Unterkategorien

Bei der Kategorie *methodisches Vorgehen* spielt nicht nur die detaillierte Darstellung des Wechselspiels zwischen Experiment und Theorie eine Rolle, sondern auch der zahlreiche Einsatz von Gedankenexperimenten (Was ist Licht? Uhr auf einem fahrenden Zug) oder Analogien (Bleistifte als Moleküle, Menschen in einem Ballsaal entsprechen Molekülen in Gas/Flüssigkeit) als Denkwerkzeuge der Physik.
Diese Vielseitigkeit und hohe Anzahl an Codierungen steht im Gegensatz zu den Filmen über Clara Immerwahr oder Marie Curie, in denen kaum Codierungen vorgenommen werden konnten. Somit hebt sich die Serie Genius hier deutlich ab und die Reichhaltigkeit an NoS-Bezügen ist überdurchschnittlich im Vergleich zu anderen filmischen Darstellungen über bedeutende Wissenschaftler*innen.

Ausblick In der Serie werden viele verschiedene NoS-Aspekte aufgegriffen. Auf der Basis der identifizierten Szenen und zugehörigen NoS-Aspekte sollen Materialien für den Einsatz in der Hochschullehre, der dritten Phase der Lehrerbildung sowie den schulischen Physikunterricht entwickelt werden. Es wurde in einem ersten Schritt eine Lernumgebung entwickelt, bei der Lehramtsstudierenden mithilfe kurzer Serienausschnitte die Natur der Naturwissenschaften authentisch in ihrer Komplexität, anschaulich und explizit vermittelt werden soll. Im kommenden Wintersemester 2019/20 wird dieses Konzept in einer universitären Lehrveranstaltung erprobt und evaluiert. Geplant ist ebenso eine Lehrer*innenfortbildung zu diesem Thema, um gleichzeitig die Akzeptanz unter erfahrenen Lehrkräften zu untersuchen.

Literatur

Bell, R.L. (2009). Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions. URL: https://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000000028/am_bell_teach_nat_sci_scl22-0449a_.pdf (letzter Download: 04.10.2019)

Gallos, J.V. (2008). Book & Resource Reviews. Einstein: His Life and Universe, by Walter Isaacson. New York: Simon & Schuster, 2007 675 pages, hardcover. In Academy of Management Learning & Education 7 (2008), 594 - 600

Höttecke, D., Hopf, M (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis Berlin, Heidelberg: Springer, 271 – 287

Isaacson, W. (2007). Einstein. His Life and Universe. Ney-York: Simon & Schuster

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa

Ledermann, N.G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S.K. Abell & N.G. Ledermann (Eds.), Handbook of research on science education. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 831 - 880

Andreas Bednarek[1]
Katharina Gimbel[2]
Mareike Frevert[3]
Rita Wodzinski[1]
Kathrin Ziepprecht[2]
Jürgen Mayer[2]
David-S. Di Fuccia[3]

[1]Universität Kassel, Didaktik der Physik
[2]Universität Kassel, Didaktik der Biologie
[3]Universität Kassel, Didaktik der Chemie

Aktuelle Forschung als Lerngegenstand für Lehrerbildung und Schule - Das Projekt „Contemporary Science @ school“

„Contemporary Science @ school“ ist ein Teilprojekt von „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET[2]) an der Universität Kassel, an welchem die drei Didaktiken der Naturwissenschaften (Biologie, Chemie und Physik) beteiligt sind. Es handelt sich um ein Anschlussprojekt der Qualitätsoffensive Lehrerbildung[1]. Im vorangegangen Projekt „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ konnte gezeigt werden, dass das Verständnis von Nature of Science (NoS) bei angehenden Naturwissenschaftslehrkräften durch einen authentischen Kontakt mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung sowie durch die Vernetzung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Studieninhalte erweitert werden kann (Roetger & Wodzinski, 2018; Gimbel & Ziepprecht, 2018; Frevert & Di Fuccia, 2018). Aufbauend auf diesen Befunden sollen die Erfahrungen im neuen Projekt in die Schulpraxis transferiert werden. Im Blickpunkt steht die Leitidee der Förderung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses bei Studierenden, Lehrpersonen und Schüler*innen durch Einbezug aktueller Forschung. Dazu werden in den drei Naturwissenschaftsdidaktiken Umsetzungsmöglichkeiten entwickelt und erprobt.

Theoretischer Hintergrund

Ein angemessenes Verständnis von NoS ist wichtig, um Begegnungen mit naturwissenschaftlicher Forschung bezüglich ihrer Authentizität zu beurteilen und sich über gesellschaftlich relevante und naturwissenschaftlich bedeutsame Probleme eine Meinung bilden zu können (Gebhard et al., 2017, S. 95; Driver et al., 1996). Vergleichbares kann den KMK-Bildungsstandards entnommen werden, wonach naturwissenschaftlicher Unterricht Schüler*innen die Möglichkeit geben soll, sich über naturwissenschaftliche Forschung eine Meinung zu bilden, indem sie spezifische Methoden der Erkenntnisgewinnung und verschiedene naturwissenschaftliche Sichtweisen kennenlernen sowie deren Grenzen erfahren (KMK, 2005a; KMK, 2005b; KMK, 2005c). Allerdings treten Schwierigkeiten bei der Umsetzung dieser Ziele auf. Sowohl Schüler*innen als auch Lehrpersonen haben häufig inadäquate Vorstellungen zu NoS, zum Beispiel über naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse, die Bedeutung von Experimenten oder die Theorieentwicklung (Kircher & Dittmer, 2004; Lederman & Lederman, 2014). Darüber hinaus können die Vorstellungen von Lehrpersonen einen Einfluss auf die Gestaltung von Lerngelegenheiten bezüglich NoS haben (Hodson, 2009, S. 54).

Eine Möglichkeit, diesen Schwierigkeiten zu begegnen, besteht in der Vernetzung von Schul- und Forschungspraxis. Ein unmittelbarer Kontakt von Schüler*innen mit aktiven naturwissenschaftlichen Forschungsgruppen ist potenzieller Ausgangspunkt für authentische Einblicke in die Praxis der Wissenschaftsgemeinschaften, eine Entwicklung von Vor-

[1] Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

stellungen über die Relevanz naturwissenschaftlicher Forschung sowie eine Erkundung beruflicher Möglichkeiten (France & Compton, 2012), was ebenfalls Teilziel der KMK-Bildungsstandards ist (KMK, 2005c, S. 6). Darüber hinaus bietet ein authentischer Kontakt mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung Lehrpersonen die Chance, das Verständnis zu NoS zu erweitern (Samarapungavan et al., 2006).

Entwicklung universitärer Seminarkonzepte

Im vorangegangenen Projekt „Contemporary Science in der Lehrerbildung“ wurden in den Fächern Biologie, Chemie und Physik universitäre Seminarkonzepte entwickelt, welche einen unmittelbaren Kontakt von Studierenden mit naturwissenschaftlicher Fachforschung ermöglicht haben. Darüber hinaus wurden fachwissenschaftliche (FW) und fachdidaktische (FD) Studienanteile mit Blick auf aktuelle naturwissenschaftliche Forschung vernetzt (Roetger & Wodzinski, 2016; Gimbel & Ziepprecht, 2018; Frevert & Di Fuccia, 2018). Anknüpfend an die Erfahrungen werden die fachspezifischen Seminarkonzepte im Projekt „Contemporary Science @ school“ erweitert, indem sie mit der Schulpraxis verknüpft werden. Dadurch soll ein unmittelbarer Kontakt von Schüler*innen mit naturwissenschaftlicher Fachforschung ermöglicht werden. In Abbildung 1 ist die Struktur der erweiterten Seminarkonzepte zusammenfassend dargestellt.

Abb. 1: Struktur des erweiterten Seminarkonzepts

Die Seminarkonzepte werden im Wahlpflichtbereich für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften in den Schulformen Gymnasium, Haupt- und Realschule sowie berufsbildende Schulen angeboten. Darüber hinaus werden die Seminare jeweils in drei Phasen durchlaufen: einer fachwissenschaftlichen (FW), einer fachdidaktischen (FD) und einer schulpraktischen Phase (Schulpraxis). In der ersten Phase (FW) erleben die Studierenden Fachforschung, indem sie Laborbesuche durchführen und mit Fachwissenschaftler*innen über naturwissenschaftliche Inhalte des Forschungsbereichs sowie Aspekte naturwissenschaftlicher Forschungspraxis diskutieren. In der zweiten Phase (FD) erfolgt eine fachdidaktische Reflexion der Erfahrungen, indem die Erlebnisse mit Schülervorstellungen zu NoS sowie verbreiteten Vorstellungen zu naturwissenschaftlicher Forschung aus den Medien, z.B. in Filmen, Serien oder Werbung, kontrastiert werden. In der dritten Phase erfolgt der Transfer in die Schulpraxis. Die Studierenden entwickeln Konzepte für die Umsetzung von NoS mit Schüler*innen mittels Unterstützung aus der Fachwissenschaft und Fachdidaktik und erproben diese anschließend.

Fachspezifische Umsetzung des Schulpraxistransfers, Ziele und Begleitforschung

Die Umsetzung des Schulpraxistransfers unterscheidet sich in den einzelnen Fächern zum Teil. Im Folgenden werden die fachspezifischen Umsetzungen, die Ziele sowie die Begleitforschung detaillierter dargelegt.

Biologie

In der Biologie setzt sich der Transfer in die Schulpraxis aus einer Planung und Durchführung von Universitätsbesuchen am Beispiel aktueller Forschungsthemen und -methoden der Genetik und Ökologie für Schüler*innen sowie aus einer Diskussion dieser Planungen mit Lehrer*innen im Rahmen von Lehrer*innenfortbildungen zusammen. Grundlegende

Ziele stellen dabei zum einen die Förderung (a) des Fachwissens (aktuelle Fachthemen der Genetik & Ökologie und NoS) von Studierenden und Lehrkräften durch den Kontakt mit aktueller Fachforschung im Seminar bzw. in Fortbildungen und (b) des fachdidaktischen Wissens (Umsetzungsmöglichkeiten zur Förderung von NoS) von Studierenden durch die Arbeit mit Schülergruppen im Rahmen von Universitätsbesuchen und Lehrkräften durch Fortbildungen dar. Das NoS-Verständnis und die Reflexionsfähigkeit über NoS von Studierenden werden quantitativ mittels Fragebögen sowie qualitativ durch Interviews und Portfolios untersucht.

Chemie
In der Chemie werden Konzepte entwickelt, welche die VR-Technologie nutzen, um aktuelle chemische Forschung für Lernende an der Universität und an Schulen erfahrbar zu machen. Diese Konzepte werden in enger Zusammenarbeit mit der Fachwissenschaft erstellt. Studierende des Lehramts Chemie werden in diese Entwicklung miteinbezogen. Ebenso konzipieren die Studierenden zu den VR-Konzepten Begleitmaterial, welches sich auf aktuelle Forschungsthemen fokussiert und anschließend in Lehrerfortbildungen zur Diskussion gestellt wird. Die Konzepte werden in Schulen in Form von Workshops angeboten und gleichfalls für Lehrerfortbildungen an der Universität genutzt.

Physik
Im Seminarkonzept der Physik werden in der dritten Phase (Schulpraxis) Universitätsbesuche für Schüler*innen geplant und durchgeführt. Die Studierenden werden bei der Planung durch die verantwortlichen Lehrkräfte und bei der Durchführung durch die beteiligten Fachwissenschaftler*innen unterstützt. Die Universitätsbesuche werden für Schüler*innen ab dem 10. Jahrgang angeboten.[2]
Im Sinne eines Design-Based Research Ansatzes soll das Seminarkonzept weiterentwickelt werden. Dazu soll im ersten Schritt untersucht werden, welche Erwartungen Schüler*innen bzgl. eines Universitätsbesuchs haben und welche Ziele auf Seiten der Lehrkräfte sowie der Fachwissenschaftler*innen mit den Universitätsbesuchen intendiert werden. Eine Untersuchung erfolgt qualitativ mithilfe leitfadengestützter Interviews. Auf Grundlage dessen sollen im nächsten Schritt didaktische Konzepte für Universitätsbesuche entwickelt werden, welche sowohl an die Erwartungen der Schüler*innen und Intentionen der Lehrkräfte angepasst sind als auch fachdidaktische Ziele sowie die Vorstellungen der Fachwissenschaftler*innen berücksichtigen. Die didaktischen Konzepte sollen im dritten Schritt schließlich den Studierenden bei der Ausgestaltung der Universitätsbesuche als Unterstützung dienen und im Rahmen des Seminars erprobt werden. Die Wirkung der Konzepte wird ebenfalls mithilfe von leitfadengestützten Interviews untersucht.

Ausblick
Auf Grundlage der Konzepte zur Umsetzung von NoS mit Schüler*innen, die von Studierenden im Rahmen der erweiterten Seminare entwickelt und im Rahmen aktueller Forschung erfahrbar gemacht werden, soll ein Lehrer*innenfortbildungskonzept entstehen, welches eine Präsentation und Diskussion der Konzepte beinhaltet. Darüber hinaus sollen Lehrkräfte innerhalb dieser Fortbildung die Möglichkeit erhalten, Einblicke in Fachforschung zu sammeln und eigene Vorstellungen zu NoS auf Grundlage der Erlebnisse zu reflektieren. Nach einem ersten Durchgang der Seminare in allen drei Fächern (Biologie, Chemie und Physik) erfolgt eine Planung und Erprobung des Fortbildungskonzepts.

[2] Die didaktische Reduktion der Inhalte aktueller physikalischer Forschung wird zunächst an Schüler*innen aus der gymnasialen Oberstufe bzw. aus dem zehnten Jahrgang erprobt. Eine Erweiterung auf jüngere Jahrgänge erscheint für Studierende vorerst zu anspruchsvoll.

Literatur

Driver, R., Learch, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). Young people‘s image of science. Buckingham, Philadelphia: Open University Press

France, B. & Compton, V. (2012). Bringing Communities Together. In B. France & V. Compton (Eds.), Bringing Communities Together: Connecting Learners with Scientists or Technologists. Rotterdam: Sense Publishers, 1-14

Frevert, M. & Di Fuccia, D. (2018). Theorie und Praxis der Integration aktueller Chemie in die Lehramtsausbildung an der Universität. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann, 107-120

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Gimbel, K. & Ziepprecht, K. (2018). Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Lerninhalte im Rahmen einer situierten Lernumgebung zum Thema Genetik. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann, 77-92

Hodson, D. (2009). Teaching and Learning about Science. Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values. Rotterdam: Sense Publishers

Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick. In C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Kronach: Schneider, 1-22

Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In N.G. Lederman & S.K. Abell (Eds.), Handbook of Research on Science Education. New York: Routledge, 600-620

Roetger, R. & Wodzinski, R. (2016). Contemporary Science in der Lehrerbildung. Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zur Förderung der Professionsentwicklung angehender Physiklehrkräfte. PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1 (2016), 1-3

Roetger, R. & Wodzinski, R. (2018). Naturwissenschaftliches Arbeiten in Forschung und Physikunterricht. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann, 93-105

Samarapungavan, A., Westby, E.L. & Bodner, G.M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. Science Education, 90 (3), 468-495

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland GmbH

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland GmbH

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland GmbH

Cornelia Borchert Technische Universität Braunschweig
Dagmar Hilfert-Rüppell
Kerstin Höner

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium

Ausgangslage

Experimente sind ein elementarer Bestandteil des Chemieunterrichts, die Förderung von Experimentierkompetenz wird deshalb sowohl für Schüler*innen als auch für Lehrkräfte gefordert (KMK, 2005 a,b,c; 2008). Die Vermittlung handlungsbezogener Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung ist dabei grundlegender Bestandteil der Bildungsanforderungen naturwissenschaftlicher Fächer. Trotzdem sehen weder fachtheoretische noch fachpraktische Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium die explizite Vermittlung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen vor. Die Studierenden nehmen implizite Lerngelegenheiten kaum wahr (Patzwald & Tiemann, 2014) und zeigen überwiegend ein mangelhaftes Experimentierverständnis (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Vertiefende Seminare zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anhand spezieller fachlicher Ausrichtungen könnten dem entgegenwirken (Krämer et al., 2012). Im Beitrag wird die Umstrukturierung von Teilen der fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen beschrieben. Dabei zielt das Vorhaben auf die facettenreiche Begleitung der Studierenden in ihrem Lernprozess im gesamten Studienverlauf hinsichtlich des methodischen und inhaltsbezogenen Kompetenzaufbaus sowie perspektivisch in der 2. und 3. Phase der Lehrerbildung.

Theoretischer Hintergrund

Im Rahmenmodell für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung beschreibt Mayer (2007) drei zentrale Dimensionen: wissenschaftliche Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) sowie Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*). *Practical work* umfasst fachmethodisches Handwerkszeug und manuelle Fertigkeiten. *Scientific inquiry* bezeichnet den hypothetisch-deduktiven Erkenntnisprozess inklusive der Nutzung von Modellen. Im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess sind die Experimentierenden in das experimentelle Handeln mit einbezogen und setzen Bedingungen, die den Verlauf des Experiments und damit auch das Ergebnis beeinflussen können (Reiners & Saborowski, 2017). Dabei ist vor allem die Fehleranalyse ein wichtiger Lernprozess, der insbesondere das Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen unterstützt (vrgl. Derkse, 1981). *Nature of science* (NOS) ist in der Literatur vielfältig konzeptualisiert, es umfasst das Verständnis der Grundzüge von Naturwissenschaft und ihrer Grenzen. Reiners und Saborowski (2017, S. 79) fassen ein Verständnis von NOS als eine konzeptbezogene Kompetenz „ […] die die prozessbezogene Kompetenz im Bereich der Erkenntnisgewinnung unmittelbar adressiert und mittelbar die Kompetenzen im Bereich der Kommunikation und Bewertung erst ermöglicht.“ Wenngleich auch dem Fähigkeitserwerb in allen vier Kompetenzbereichen gleichgroße Bedeutung beigemessen wird, sind Publikationen jedoch bisher eher auf die inhaltsbezogene Kompetenz, d.h. das Fachwissen, ausgerichtet (Becker, Kühlmann & Parchmann, 2014), so dass diese Forschungslücke mit dem hier beschriebenen Projekt gefüllt wird.

Design und Methodik

An der TU Braunschweig werden am Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften (IFdN) fachpraktische Veranstaltungen neu konzipiert, anhand derer ein Spiralcurriculum

„Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium“ eingeführt wird. Die Idee des Spiralcurriculums von Schmidtkunz und Büttner (1985) zur didaktischen Strukturierung chemischer Fachinhalte wird aufgegriffen und erweitert, um anschlussfähiges fachliches und wissenschaftsmethodisches Wissen gekoppelt aufzubauen (Abb. 1). Folgende Fragestellungen werden u. a. im Rahmen dieser Studie fokussiert:

1. Inwiefern lassen sich die Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung durch die neuen Lehrveranstaltungskonzepte fördern? („Eigener Erwerb“)
2. Inwiefern lassen sich Zusammenhänge zwischen den Kompetenzen hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und der Diagnose experimenteller Problemlösekompetenzen von Schüler*innen nachweisen? („Anwendung“)
3. Wie schätzen die Proband*innen rückblickend und Fach(seminar)leitungen den Nutzen der neu konzipierten Lehrveranstaltungen am IFdN hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen bezüglich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung für die 2. respektive 3. Phase der Lehrerbildung ein?

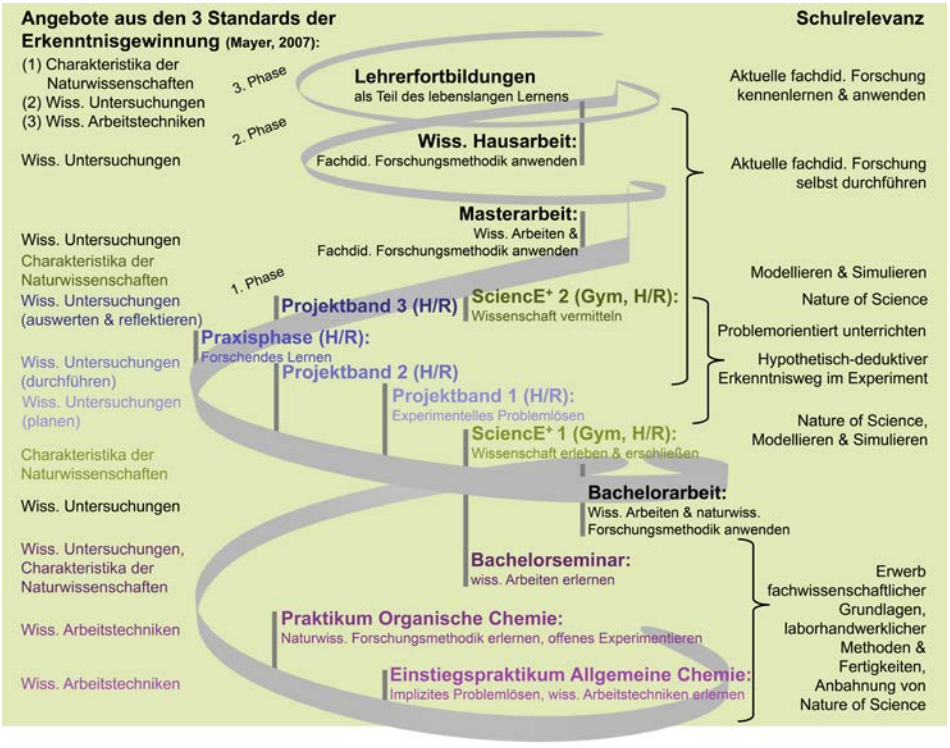


Abb.1: Inhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im erweiterten Spiralcurriculum im Lehramtsstudium der naturwissenschaftlichen Fächer am IFdN, hier am Beispiel der Chemie. Das Curriculum ist potenziell erweiterbar auf die 2. und 3. Phase der Lehrerbildung

Ausgehend von eigenen experimentellen Erfahrungen im ersten Bachelorsemester verknüpft mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Sinne des Problemlösens werden die Studierenden kontinuierlich und vertiefend bis hin zur Diagnose experimenteller Kompetenzen von Schüler*innen im dritten Mastersemester gefördert. Experimentelles

Problemlösen wird hierbei als das hypothesengeleitete Untersuchen kausaler Zusammenhänge definiert, bei dem unter kontrollierten Bedingungen eine hypothetische Einflussgröße variiert und die Auswirkungen auf die betrachteten Größen beobachtet oder gemessen werden (Gyllenpalm & Wickmann, 2011). Abbildung 1 zeigt die Zuordnung der Veranstaltungsschwerpunkte im Rahmenmodell nach Mayer (2007). Die Studierenden belegen zunächst Lehrveranstaltungen (Praktika und Seminare), in denen sie wissenschaftliche Arbeitstechniken (*practical work*) erlernen und anwenden (Einstiegspraktikum und Praktikum Organische Chemie), darauf aufbauend wissenschaftliche Untersuchungen (*scientific inquiry*) unter vertiefter Anwendung wissenschaftlicher Arbeitstechniken durchführen und am Ende des Bachelors eine experimentelle wissenschaftliche Arbeit eigenständig anfertigen. Im Masterstudium werden in Lehrveranstaltungen (Seminaren) Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*), Modellbildung und experimentelles Simulieren thematisiert (ScienceE^{+}).
Während der einsemestrigen Praxisphase unterrichten die Studierenden problemorientiert und planen ein schulisches Forschungsprojekt zum experimentellen Problemlösen von Schüler*innen, bei dessen Durchführung und Auswertung sie im Format des Forschenden Lernens von den Universitätsdozent*innen begleitet werden (Projektband) (Hilfert-Rüppell et al., 2018a). Hierbei wenden die Studierenden ihre in universitären Seminarsitzungen erworbenen Diagnosefähigkeiten in der Praxis an. Zum Ende des Studiums verfassen sie eine Abschlussarbeit, in der idealerweise eine Fragestellung aus der Didaktik des naturwissenschaftlichen Faches auf fortgeschrittenem wissenschaftlichen Niveau selbstständig bearbeitet wird. Die Inhalte der Lehrveranstaltungen orientieren sich an den niedersächsischen Kerncurricula für die naturwissenschaftlichen Fächer und verdeutlichen auch explizit die Relevanz der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalte für den (späteren) Beruf der Lehrkraft in den naturwissenschaftlichen Fächern (Schulrelevanz, rechte Spalte, Abb.1).

Das Design der Längsschnittstudie sieht eine Kompetenzerfassung zu vier Zeitpunkten (Studienbeginn, Mitte Bachelor, Ende Bachelor, Ende Master) mit einem Paper-Pencil-Test zum theoretischen Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und mit Videografie von praktischen Experimentiersituation vor, um festzustellen, ob vergleichbare Leistungen in beiden Testformaten zu einem Testzeitpunkt, jedoch gesteigerte Leistungen mit fortschreitendem Studium von den Lehramtsstudierenden erbracht werden. Darüber hinaus erfolgen weitere Teilerhebungen, in denen die Studierenden anhand schriftlicher Arbeitsaufträge experimentelle Problemlösesituationen von Schüler*innen in Videovignetten (Hilfert-Rüppell et al., 2018b) diagnostizieren.

Ziel des vorgestellten Projekts ist es, unterschiedlich gestaltete Lehrveranstaltungsformate zu entwickeln, mit denen die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und die problemlösende Experimentierkompetenz bei Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer angebahnt und vertiefend vermittelt werden können, so dass diese fruchtbar für den eigenen Unterricht in schulischen Praktika und in der 2. und 3. Phase der Lehrerbildung werden. Eine Erprobung der neu konzipierten Teile der Lehrveranstaltungen beginnt im Wintersemester 2019/2020. Ob und inwiefern die Studierenden von den erworbenen Kompetenzen hinsichtlich naturwissenschaftlicher Methoden der Erkenntnisgewinnung unter Einbezug problemlösenden Experimentierens bei der Diagnose der experimentellen Problemlösefähigkeiten von Schüler*innen profitieren, wird ab dem Wintersemester 2021/2022 untersucht. Darüberhinaus wird eine Befragung von Fach(seminar)leitungen und die subjektive rückblickende Einschätzung der sich bereits im Anwärterdienst bzw. Referendariat befindenden Proband*innen hinsichtlich der im Studium erworbenen Kompetenzen durchgeführt.

Literatur

Becker, H.J., Kühlmann, J.K., & Parchmann, I. (2014). Trendbericht Chemiedidaktik. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. Nachrichten aus der Chemie, 62 (9), 356-359.

Derkse, W. (1981). Popper’s Epistemology as a Pedagogic and Didactic Principle, or: Let Them Make More “Mistakes”. Journal of Chemical Education, 58 (7), 565–567.

Gyllenpalm, J., & Wickman, P.-O. (2011). “Experiments” and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. Science Education, 95 (5), 1-19.

Hilfert-Rüppell, D., Penrose, V., Höner, K. Eghtessad A., Koch, K., & Hormann, O. (2018a). Forschendes Lernen zur naturwissenschaftlich-experimentellen Problemlösefähigkeit von Schülerinnen und Schülern. Herausforderung Lehrer_innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, 1, 345-365. doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-46

Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A., & Höner, K. (2018b). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht. Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern. Zeitschrift für Medienpädagogik, 31, 125-142. doi: http://dx.doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.03.31.X.

Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Strahl, A., & Pietzner, V. (2013). Scientific Reasoning of Prospective Science Teachers in Designing a Biological Experiment. Lehrerbildung auf dem Prüfstand 6 (2), 135-154.

Krämer, P., Nessler, S., & Schlüter, K. (2012): Probleme und Schwierigkeiten Lehramtsstudierender mit der Methode des Forschenden Lernens. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 11, 21–35.

KMK (Hrsg.), (2005a). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.

KMK (Hrsg.), (2005b). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.

KMK (Hrsg.), (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.

KMK (Hrsg.), (2008). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer.

Patzwaldt, K., & Tiemann, R. (2014). Assessing Inquiry Skills of Chemistry Pre-Service Teachers. ECER 2014, The Past, the Present and the Future of Educational Research.

Reiners, C.S., & Saborowski, J. (2017). Auf dem Weg zum Chemieunterricht. Berlin, Heidelberg: Springer.

Schmidtkunz, H., & Büttner, D. (1985). Chemieunterricht im Spiralcurriculum. Ein Grundmuster zum Aufbau, zur übersichtlichen Gestaltung und zur besseren Abstimmung des Chemieunterrichts. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie, 33 (1), 19-22.

Julia Voigt
Hilde Köster
Freie Universität Berlin

Naturwissenschaftsbezogene Potenziale im Übergang Kita-Grundschule beobachten, dokumentieren und weiterentwickeln

Im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsverbunds „Leistung macht Schule“ (LemaS) werden im Teilprojekt DiaMINT an der Freien Universität Berlin gemeinsam mit kooperierenden Kindertagesstätten und Grundschulen aus drei Bundesländern Übergangskonzepte für die Diagnose und Förderung naturwissenschaftsbezogener Potenziale von Kindern entwickelt und erprobt.

Ausgangslage

Dem Transitionsansatz von Griebel und Niesel (2015) zufolge stellt der Übergang von der Kindertagesstätte (Kita) zur Grundschule einen ko-konstruktiven Prozess zwischen Kindern, Eltern, pädagogischen Fachkräften und Grundschullehrkräften dar, wobei die letzteren beiden den Prozess moderieren. KMK und JMK weisen im Beschluss „Gemeinsamer Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertageseinrichtungen“ darauf hin, dass Kindertageseinrichtungen und Grundschulen diesen Übergang aufgrund eines gemeinsamen pädagogischen Verständnisses und Handelns gestalten und miteinander abstimmen sollen, um die Kontinuität des Lernens der Kinder sicherzustellen. Für die Zusammenarbeit von Kita und Grundschule wird daher „die Vernetzung von Bildungsprozessen in Kindertageseinrichtungen und Grundschulen“ (JMK & KMK, 2004, S. 9) eingefordert.

Untersuchungen von Ahtola et al. (2011) zeigen, dass diese Forderungen ihre Berechtigung haben: Die kooperative Arbeit an gemeinsamen Curricula sowie der Informationsaustausch zwischen beiden Institutionen stellen wichtige Prädiktoren für die Entwicklung der Fähigkeiten der Kinder dar.

Weitere Studien in diesem Feld decken jedoch auf, dass intensive Kooperationen zwischen Kita und Grundschule bisher nur selten realisiert werden (z.B. Backhaus, Tahan, Bogatz & Hanke, 2015, S. 105; Backhaus, Bogatz & Hanke, 2014, S. 109; Ahtola et al., 2011). Bisherige Kooperationen zielen eher auf das Vertrautwerden der zukünftigen Schulkinder mit der Schule (Besuche, Tag der offenen Tür, gemeinsame Feste und Veranstaltungen etc.) als auf einen fachlichen Austausch (Höke & Arndt, 2015) bzw. über individuelle Entwicklungen bei den Kindern ab (Geiling, Liebers & Prengel, 2013, S. 25 ff.).

Faust (2012, S. 19) weist jedoch darauf hin, dass die Weitergabe solcher Informationen eine individuelle und passgenaue Förderung der Kinder in der Grundschule ermöglichen kann, und auch Geiling & Liebers (2013) machen darauf aufmerksam, wie wichtig die Berücksichtigung des „(Schon)Könnens“ für die Entwicklungsförderung eines jeden Kindes sei.

Die Praxis der Weitergabe von Informationen zwischen den Institutionen Kita und Grundschule untersuchten Geiling, Liebers und Prengel in der ILEA T-Studie zur individuellen Lernentwicklungsanalyse im Übergang (Geiling, Liebers & Prengel, 2013). Sie stellen fest, dass die Weitergabe von Informationen zwischen Eltern, Kita und Grundschule prinzipiell von allen Beteiligten befürwortet wird (ebd., S. 33). Ein für unsere geplante Studie besonders bedeutsames Ergebnis ist, dass diese Sicht der Dinge sich jedoch im Wesentlichen auf sprachstandsbezogene und bio-psycho-soziale Fähigkeiten, ferner auf mathematische, nicht jedoch auf naturwissenschaftsbezogene bezieht, die aber auch gar nicht erst untersucht wurden. Insgesamt halten aber insbesondere die Lehrkräfte

Informationen über aktuelle individuelle Interessen der Kinder für wenig relevant. Nur ein Drittel der Lehrkräfte interessiert sich für die Interessen der Kinder (ebd.).
Bedenkt man die Bedeutung des Vorwissens für das Lernen, kann diese Haltung durchaus als kritisch angesehen werden. Zwar weist Steffensky (2017, S. 32) auf zahlreiche Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen Elementar- und Primarbereich hin und insbesondere auf Überschneidungen bzgl. der Ziele naturwissenschaftlicher Bildung, diese werden in der Praxis jedoch anscheinend zu wenig zur Kenntnis genommen.

In Hinblick auf besonders begabte Kinder im Übergang Kita-Grundschule liegen bisher insgesamt nur wenige Studien vor (Bugzel, 2017, S. 376). Bisherige Forschungsprojekte, die die Informationsweitergabe über domänenspezifische Potenziale im Übergang von der Kita in die Grundschule untersuchen, fokussieren insgesamt eher den mathematischen oder sprachlichen als den naturwissenschaftlichen Bildungsbereich (siehe z.B. BMBF, 2017). Einige Untersuchungen belegen jedoch (z.T. bereits seit langem), dass Kinder schon vor Eintritt in die Grundschule naturwissenschaftliche Interessen haben (Lück 1999; 2000; Brandtner & Hertel, 2018) und auch erste naturwissenschaftsbezogene Denk- und Handlungsweisen zeigen (z.B. van der Graaf, Segers & Verhoeven, 2015). Eine nahtlose Verknüpfung der ersten Erfahrungen mit dem Experimentieren ist nach Lück & Risch (2011, S. 84) zudem für den Aufbau eines anschlussfähigen Wissens sowie der Entwicklung eines vertieften und nachhaltigen Verständnis für die unbelebte Natur und die Deutung von Phänomenen bedeutsam. Jedoch zeigen Untersuchungen, dass der Anfangsunterricht der Grundschule häufig nicht ausreichend auf die naturwissenschaftliche Heranführung im Elementarbereich aufbaut (ebd., S. 85).
Die Chancen für eine fruchtbare Kooperation auf dem Gebiet der naturwissenschaftlichen Bildung sind also aus dieser Perspektive gut, auch wenn mit Herausforderungen für die pädagogischen Fachkräfte und Lehrer*innen zu rechnen ist, wie Bugzel (2017, S. 377 ff.) anhand eines Fallbeispiels für die Unterstützung eines mathematisch begabten Kindes im Übergang in die Grundschule zeigt.

Forschungsziele
Im Rahmen unseres Forschungsprojektes liegt der Fokus auf dem naturwissenschaftlichen Bildungsbereich. Untersucht werden soll zunächst die Praxis der Weitergabe von Informationen über naturwissenschaftsbezogene Interessen bzw. Potenziale von Kindern an die Grundschullehrkräfte des Anfangsunterrichts. Insbesondere ist für uns von Interesse, inwiefern die pädagogischen Fachkräfte in der Kita naturwissenschaftsbezogene Interessen und Aktivitäten der Kinder als solche erkennen, dokumentieren und Informationen dazu an die kooperierende Grundschule weitergeben.
Im weiteren Verlauf des Projekts soll gemeinsam mit pädagogischen Fachkräften und Grundschullehrkräften ein Beobachtungs- und Dokumentationsinstrument entwickelt, erprobt und evaluiert werden, welches die Grundlage für eine institutionsübergreifende individuelle Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen bzw. Potenziale von Kindern bietet. Untersuchungen zeigen, dass Lehrpersonen Bildungsdokumentationen aus der Kita oft kaum weiter nutzen, was eine gemeinsame Verständigung über Kriterien der Beobachtung und Dokumentation als sinnvoll erscheinen lässt (Backhaus et al., 2015, S. 105). Zudem konnten Cloos, Schulz, Urban & Werrning (2015) unterschiedliche Muster der Nutzung verschiedener Dokumentationsformen im Austausch beider Professionen feststellen. Es zeigte sich dabei, dass die Inhalte aus den Dokumentationen im Rahmen des Austauschs beider Professionen zwar mit einflossen, die Weitergabe dieser, sowie die Vernetzung beider Institutionen, die auf die Bildungsdokumentation aufbauen, blieb jedoch aus (ebd., S. 86 f.).

Im Rahmen einer ko-konstruktiven Entwicklung des Instruments sollten daher die Expertisen beider Institutionen einfließen. Einerseits soll das Instrument im Kitaalltag zur Beobachtung naturwissenschaftlicher Potenziale von Kindern eingesetzt werden, andererseits aber auch eine Gesprächsgrundlage für den professionellen Austausch beider Institutionen darstellen.

Forschungsvorhaben

Im Rahmen einer ersten Bestandsaufnahme sollen bisherige (naturwissenschaftsbezogene) Kooperationsformen und bereits genutzte Dokumentationsformen in den kooperierenden Schulen und Kitas identifiziert werden.

Erfahrungen mit naturwissenschaftsbezogenen Kooperationen und Informationsweitergaben im Übergang sowie Einstellungen zur Kooperation bzgl. des naturwissenschaftlichen Bildungsbereichs sollen durch eine Gruppendiskussion zwischen pädagogischen Fachkräften bzw. Grundschullehrkräften erhoben und qualitativ-inhaltsanalytisch ausgewertet werden. Basierend darauf erfolgt die Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Beobachtungs- und Dokumentationsinstruments im multiprofessionellen Team bestehend aus Grundschullehrkräften, pädagogischen Fachkräften und wissenschaftlicher Begleitung.

Die Evaluation stützt sich auf regelmäßig durchgeführte problemzentrierte Interviews mit pädagogischen Fachkräften und Grundschullehrkräften. Hierbei ist insbesondere die praktische Erfahrung mit dem entwickelten Beobachtungs- und Dokumentationsinstruments für eine Weiterentwicklung von Interesse. Dazu gehören auch Anpassungen aufgrund von räumlichen, materiellen oder zeitlichen Rahmenbedingungen wie z.B. ein ökonomischerer Einsatz, die Variation der Dokumentationsform (offen oder geschlossen) sowie inhaltliche Vollständigkeit.

Ergänzend sollen Kinder, bei denen naturwissenschaftsbezogene Potenziale von den pädagogischen Fachkräften identifiziert wurden, sowie deren Eltern im Übergangsprozess begleitend interviewt werden.

Interessant ist hierbei, inwiefern die Beobachtungen der Fachkräfte und Eltern über beobachtete naturwissenschaftsbezogene Potenziale bei den Kindern mit der Einschätzung der Kinder übereinstimmen.

Die Rolle der Eltern ist zudem für die Weitergabe von Informationen im Rahmen von Datenschutzbestimmungen zu berücksichtigen, da diesbezügliche Einflüsse auf die Informationsweitergabe noch diskutiert werden (siehe z.B. Backhaus et al., 2015, S. 105; Geiling & Liebers, 2014, S. 118 ff.). Darüber hinaus sollen Einstellungen von Eltern hinsichtlich einer generellen Informationsweitergabe im Übergang von der Kita an die Grundschule sowie auch hinsichtlich einer Informationsweitergabe bestimmter Bildungsbereiche untersucht werden.

Ausblick

Das praxiserprobte und evaluierte Beobachtungs- und Dokumentationsinstrument soll in Form von Handreichungen zukünftig auch weiteren Institutionen zur Verfügung gestellt werden.

Dazu gehören auch Anregungen für die Entwicklung gemeinsamer inklusiver naturwissenschaftsbezogener Lernumgebungen im Übergang, welche den Bildungs- und Rahmenlehrplänen in der Grundschule gerecht werden, sowie Anregungen zur Förderung besonderer individueller Potenziale bei den Kindern.

Ferneres Ziel ist die Beschreibung erfolgreicher Kooperationsstrukturen zwischen Kita und Grundschule in Hinblick auf die Ermöglichung einer Entwicklung besonderer naturwissenschaftsbezogener Potenziale bei Kindern im Übergang.

Literatur

Ahtola, A., Silinskas, G., Poikonen, P.-L., Kontoniemi, M., Niemi, P. & Nurmi, J.-E. (2011). Transition to formal schooling: Do transition practices matter for academic performance? Early Childhood Research Quarterly, 26 (3), 295–302.

Backhaus, J., Bogatz, A. & Hanke, P. (2014). Bildungsdokumentationen im Übergang von der Kindertageseinrichtung in die Grundschule aus der Perspektive von Erzieherinnen, Erziehern und Grundschullehrkräften – Ergebnisse aus dem Projekt „WirKt". In B. Kopp, S. Martschinke, M. Munser-Kiefer, M. Haider, E.-M. Kirschhock, G. Ranger et al. (Hrsg.), Individuelle Förderung und Lernen in der Gemeinschaft (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 17, S. 106–109). Wiesbaden: Springer VS.

Backhaus, J., Tahan, M., Bogatz, A. & Hanke, P. (2015). Bildungsdokumentation als Form der Lernprozessbegleitung in Kita und Grundschule – Ergebnisse aus dem Projekt WirKt. In K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt & K. Schlotter (Hrsg.), Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule. Forschungsbezogene Beiträge (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 19, S. 101–106). Wiesbaden: Springer VS.

Brandtner, M. & Hertel, S. (2018). Naturwissenschaftlich interessierte Äußerungen 4- bis 6-jähriger Kinder. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24 (1), 265–277.

Bugzel, J. (2017). Mathematische Potenziale im Übergang von der Kita in die Grundschule. In C. Fischer, C. Fischer-Ontrup, F. Käpnick, F. J. Mönks, N. Neuber & C. Solzbacher (Hrsg.), Potenzialentwicklung. Begabungsförderung. Bildung der Vielfalt. Beiträge aus der Begabungsforschung (Bd. 3, S. 375–380). Münster: Waxmann.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2017). Von der Kita zur Grundschule. Impulse für das Gelingen des Übergangs. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Cloos, P., Schulz, M., Urban, M. & Werning, R. (2015). Potenziale zur Gestaltung des Übergangs vom Kindergarten in die Grundschule: Prozessorientierte Verfahren der Bildungsdokumentation in inklusiven Settings. In M. Urban, M. Schulz, K. Meser & S. Thoms (Hrsg.), Inklusion und Übergang. Perspektiven der Vernetzung von Kindertageseinrichtungen und Grundschulen (S. 79–104). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Faust, G. (2012). Zur Bedeutung des Schuleintritts für die Kinder – für eine wirkungsvolle Kooperation von Kindergarten und Grundschule. In S. Pohlmann-Rother & U. Franz (Hrsg.), Kooperation von KiTa und Grundschule. Eine Herausforderung für das pädagogische Personal (S. 11–21). Köln: Link.

Geiling, U. & Liebers, K. (2013). Individuelle Lern-Entwicklungs-Analyse im Übergang/Transition (ILEA T) als verbindendes Instrument zwischen Kita und Grundschule. Chancen und Grenzen für einen gelingenden Übergang aus inklusionspädagogischer Perspektive. Gemeinsam leben, 21 (4), 234–243.

Geiling, U. & Liebers, K. (2014). Individuelle Lern-Entwicklungs-Analysen im Übergang von der Kita in die Grundschule aus Elternperspektive. In B. Kopp, S. Martschinke, M. Munser-Kiefer, M. Haider, E.-M. Kirschhock, G. Ranger et al. (Hrsg.), Individuelle Förderung und Lernen in der Gemeinschaft (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 17, S. 118–121). Wiesbaden: Springer VS.

Geiling, U., Liebers, K. & Prengel, A. (Hrsg.) (2013). Bericht zur Befragung der Kindertagesstätten-leiterInnen der ILEA T-Stichprobeneinrichtungen in Sachsen-Anhalt, Brandenburg und der Zentralschweiz. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Griebel, W. & Niesel, R. (2015). Übergänge verstehen und begleiten. Transitionen in der Bildungslaufbahn von Kindern. Berlin: Cornelsen.

Höke, J. & Arndt, P. A. (2015). Gegenseitige Wertschätzung als Gelingensbedingung für professionsübergreifende Kooperationsprozesse von Kindergarten und Grundschule. Journal for Educational Research Online, 7 (3), 54–85.

Jugendministerkonzerenz; Kultusministerkonferenz (2004). Gemeinsamer Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertageseinrichtungen.

Lück, G. (1999). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Vorschulkindern mit Phänomenen der unbelebten Natur. Münster: LIT Verlag.

Lück, G. (2000): Interesse und Motivation im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung mit Naturphänomenen im Vorschulalter. In R. Brechel (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. S. 32-44.

Lück, G. & Risch, B. (2011). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Anfangsunterricht. In E. Gläser (Hrsg.), Sachunterricht im Anfangsunterricht. Lernen im Anschluss an den Kindergarten, S. 80–96. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Steffensky, M. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF) (Bd. 48). München.

Van der Graaf, J., Segers, E. & Verhoeven, L. (2015). Scientific reasoning abilities in kindergarten: dynamic assessment of the control of variables strategy. Instructional Science, 43(3), 381–400.

Guido Haag Universität Koblenz-Landau
Jochen Scheid
Patrick Löffler
Alexander Kauertz

Entwicklung eines Instruments zur Beurteilung manueller Kompetenzen

Abstract: Experimente sollen dazu dienen, Schülerinnen und Schülern die Grundprinzipien von SI und NoS näher zu bringen. Schülerinnen und Schüler sollen dabei erlernen, wie wissenschaftliche Kenntnisse erworben werden und was wissenschaftliche Methoden charakterisiert. Weitere Ziele sind mit großen Erwartungen verknüpft, so z. B. einer Verbesserung der experimentellen Kompetenzen oder der Motivation (Kircher, Girwidz & Häußler, 2015). Das Experiment nimmt daher eine zentrale Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht ein (vgl. z. B. Bybee, R., 2000; Hofstein, A., 2004). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen ist daher ein wesentliches Ziel des Physikunterrichts (Schecker, Neumann, Theyßen, Eickhorst, & Dickmann, 2016). Dies spiegelt sich auch international in Richtlinien wider (OECD, 2007; KMK, 2005). Leider werden diese Erwartungen oft nicht erfüllt (Harlen, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004). Um die Gründe für das Ausbleiben des erhofften Lernzuwachses zu erforschen setzte die bisherige Forschung zu experimentellen Kompetenzen meist auf Paper- und Pencil-Tests (Parchmann, Schecker 2006; Schecker, Theyßen und Schreiber 2009). Die Validität solcher Untersuchung zur Beurteilung von Kompetenzen der manuellen Ausführung wird allerdings angezweifelt (Parchmann, Schecker 2006; Schecker, Theyßen und Schreiber 2009; Schecker et al., 2016), denn es zeigen sich in empirischen Studien nur geringe Zusammenhänge von Leistungsmessungen in schriftlichen Tests und Realsituationen (Gut-Glanzmann, C., 2012; Schreiber, Theyßen & Schecker, 2014). Um diese Lücke zu schließen, stellen wir ein Kategoriensystem auf, mit dem wir Experimente vergleichbar machen wollen um experimentelle Kompetenzen in verschiedenen Lernumgebungen beurteilen zu können. Novizen zeigen schlechtere experimentelle Kompetenzen als Experten. Kompetenzen sind durch Fehler abbildbar. Während der Durchführung treten Fehler der manuellen Ausführung auf. Wir erstellen ein Kategoriensystem für diese Fehler.
Keywords: Naturwissenschaftliche Bildung*, Experimentieren, Kompetenzbeurteilung*

Theoretischer Hintergrund und Desiderat: Neben äußeren Ursachen wie Rahmenbedingungen (Kirchner, 2015), Zielkonflikten (Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006) oder Über- bzw. Unterforderung, die sich aus zu offenen bzw. zu detaillierten Experimentieranweisungen ergeben (Börlin, 2012) werden auch als individuelle Ursachen fehlende Routine (Kircher et al., 2015), mangelnde Beherrschung der Messgeräte (Hopf, 2007) sowie generelle Überforderung durch die Vielzahl der Anforderungen (vgl. z. B. Börlin, 2012) genannt. Daher ist die Frage, wie sich die Fähigkeit des Experimentierens entwickelt und wie sie im Unterricht gefördert werden kann, ein aktuelles Forschungsfeld (Labudde und Möller, 2012). Experimente gliedern sich in Phasen, die z. B. als Planung, Durchführung und Auswertung bezeichnet werden (Schecker et al., 2016). In unterschiedlichen Phasen zeigen sich unterschiedliche Kompetenzen (Börlin, 2012). Maiseyenka, Nawrath und Schecker haben 2013 dazu ein Modell mit sieben Dimensionen experimenteller Kompetenz erarbeitet: 1) Fragestellung entwickeln, 2) Vermutung / Hypothese aufstellen, 3) Experiment planen, 4) Versuch funktionsfähig aufbauen, 5) Beobachten / Messen / Dokumentieren, 6) Daten aufbereiten, 7) Schlüsse ziehen / diskutieren. Im Rahmen dieses Modells lassen sich die Kompetenzen *Versuch aufbauen, Beobachten, Messen* und *Dokumentieren* der Durchführungsphase des Experiments

zuordnen. Bisher wurden überwiegend diejenigen Aspekte experimenteller Kompetenz untersucht, die sich gut mit Paper- und Pencil-Tests erfassen lassen. Dazu gehören vor allem Kompetenzen, die sich in den Phasen der Planung und der Auswertung des Experiments zeigen. Als Grund hierfür wird genannt, dass Tests in Realsituationen in Durchführung und Auswertung aufwendig sind und sich somit nicht für Large-Scale-Untersuchungen anbieten (Schecker et al., 2016). Harlen (2010) führt dazu aus, dass mit Hilfe schriftlicher Tests zur Beurteilung experimenteller Kompetenz zwar schnell ein breiter Bereich themengebundener Kompetenzen abgefragt werden kann, stellt allerdings die Validität der schriftlichen Abfrage von Handlungskompetenzen in Frage. Auch Parchmann, Schecker (2006) sowie Schecker, Theyßen und Schreiber (2009) bezweifeln die Validität schriftlicher Tests zur Beurteilung manueller Kompetenzen der Durchführungsphase. Ausführungsfehler sind im allgemeinen kompetenzbasiert. Die Abgrenzung von Fehlertypen, ihre Häufigkeit und Auswirkungen erlaubt eine Einschätzung, wo Prävention und Therapie nötig ist (Müller, 2003). Es besteht daher Anlass zur Untersuchung explizit manueller experimenteller Kompetenzen anhand beobachteter Fehler während der Durchführungsphase von Experimenten.

Forschungsfragen und Hypothesen:
In Experimenten werden unter festgelegten und kontrollierten Rahmenbedingungen Messungen an Objekten durchgeführt (Hartinger, 2014). In quantitativen Experimenten kommen dabei Messinstrumente zum Einsatz um Werte zu bestimmen (Kircher et al., 2015, p. 234). Möchte man experimentelle Kompetenzen anhand von Sichtstrukturmerkmalen untersuchen, so ist unter anderem die sichere Identifikation der Phase eine Grundvoraussetzung für eine hoch inferente Beurteilung experimentellen Handelns (Börlin, 2012, p. 49). Wir untersuchen *Handlungen* am Experiment. Darunter verstehen wir in Anlehnung an Harlen (2010): Schritte mit dem Ziel der Beschreibung der für die Fragestellung relevanten Größen. Es gibt daher eine Abfolge *notwendiger Schritte*. Unter notwendigen Schritten verstehen wir alle Handlungen, die den kompletten experimentellen Durchlauf ermöglichen. Die Menge der Notwendigen Schritte lässt sich in zwei Subkategorien aufteilen: a) U*nwirksame Schritte:* N*otwendige Schritte,* die keinen Einfluss auf den Wert des zu Ende geführten Experiments nehmen können b) *Wirksame Schritte*: Notwendige Schritte, die Einfluss auf den Wert des zu Ende geführten Experiments nehmen können. Wir unterteilen wir die Durchführungsphase in wirksame Schritte. Experimente unterscheiden sich damit voneinander, sie besitzen *Attribute*. Um Experimente bezüglich der Kompetenzen der manuellen Ausführung untereinander vergleichbar zu machen entwickeln wir ein Konstrukt anhand dieser Attribute. Dazu betrachten wir die Anzahl der gemessenen Größen, die Anzahl der notwendigen Messungen, die Anzahl der eingesetzten Arten von Messinstrumenten und der Anzahl der wirksamen Schritte.
F1: Wie lassen sich Experimente anhand ihrer Attribute vergleichbar machen?
H1: Für jedes Experiment lässt sich die Anzahl der gemessenen Größen, der Messungen, der eingesetzten Arten von Messinstrumenten und der wirksamen Schritte eindeutig bestimmen.

Abweichungen vom erwarteten Handlungsziel und die ungeplant zu einer Veränderung des Ergebnisses führen bezeichnen wir als *Fehler*. Fehler treten bei der quantitativen Variablenkontrolle auf (Kirchner, 2013, p. 26), beim Umgang mit Messgeräten (Schenk et al., 2014, p. 12), der Auswahl von Quantitäten und Qualitäten (Millar, Lubben et al., 1994) oder durch Nichtbefolgen der Anleitung (Börlin, 2012). Wir bezeichnen diese Fehler als *Variablenkontrollfehler, Messgerätefehler, Relativer Fehler* und *Abweichungsfehler*.
F2: Welche Fehlerkategorien in der Durchführungsphase von Experimenten lassen sich identifizieren und wie häufig treten sie auf?
H2: Die genannten Fehlerkategorien sind mit Hilfe eines Beurteilertrainings empirisch nachweisbar.

F3: Wie eignen sich manuelle *Fehler* zur Beschreibung experimenteller Kompetenzen?
H3: Schüler mit höheren Kompetenzen erzielen einen geringeren *Fehler*quotienten Anzahl *Fehler*/Anzahle der durchlaufenen wirksamen Schritte.

Vorstudie: Es wurden sechs Experimente ausgewählt und Experimentieranleitungen dazu verfasst. Nach einem Training beurteilten vier Experten mit Hilfe eines weiteren Manuals die Attribute der Versuche. Dabei wurde von den Ratern nicht nur die jeweilige Anzahl genannt, zusätzlich mussten ausformulieren um einen eindeutigen Vergleich sicher zu stellen. Es wurde ein Beobachtungsbogen erstellt, in dem die im Expertenrating gefundenen wirksamen Schritte sowie die theoretisch hergeleiteten Fehlerkategorien aufgelistet sind. Aus Gründen der Redundanz wurde die Kategorie *Sonstige Fehler* hinzugefügt. Zudem wird erfasst, wer welchen Schritt wie oft vollzogen hat. Im Anschluss durchliefen 26 Schülerinnen und Schüler der 8. und 9. Klasse einer Gemeinschaftsschule das Setting in Partnerarbeit, wobei sie videografiert wurden. Nach einem Training beurteilten 3 Experten die Vignetten und dokumentierten Fehler und Anzahl der jeweils durchlaufenen wirksamen Schritte.

Ergebnisse: Zur Beurteilung der Reliabilität des Attributeratings wurde die Intraklassenkorrelation (ICC) ermittelt, da es sich um intervallskalierte Werte handelt (Wirtz und Caspar, 2002). Es ergaben sich folgende Werte für Cronbachs α: Anzahl gemessener Größen: .963, Anzahl der notwendigen Messungen: .978, Anzahl der Arten von Messinstrumenten: 1.000, Anzahl der wirksamen Schritte: .770.
Bei der Beurteilung der Reliabilität des Fehlerratings handelt es sich auch um intervallskalierte Werte. Da es sich aber meist um eine 1 Fehler/0 Fehler-Beurteilung handelt, entsteht keine Varianz. Damit liefert eine ICC keine bedeutsame Reliabilität (Wirtz und Caspar, 2002). Zur Beurteilung der Reliabilität des Fehlerratings wurde deshalb die prozentuale Übereinstimmung gefundener Fehler herangezogen. Sie ist aussagekräftig, da Zufallsübereinstimmungen eher unwahrscheinlich sind (Wirtz und Caspar, 2002). Den etwa 80 Fehlerfunden standen etwa 1400 Missings gegenüber. Eine Zufallsbereinigung liefert damit nur geringfügig kleinere Werte. Im Vergleich aller möglichen Raterpaarungen ergaben sich folgende Werte: Rater B / Rater H: 58%, Rater B / Rater S: 62%, Rater H / Rater S: 71%.

Diskussion und Ausblick: Die Werte der prozentualen Übereinstimmung sind nicht befriedigend. Zum Teil erklären sich die Unterschiede dadurch, dass zwar gemeinsam Fehler gefunden wurden, diese jedoch in andere Kategorien eingruppiert wurden. Dadurch entstehen zwei Fälle, in denen keine Übereinstimmung vorliegt, obwohl der Fehler von allen gefunden wurde. Betrachtet man nur den Fehlerfund, ohne Kategorie, so ergeben sich höhere prozentuale Übereinstimmungen. An dieser Stelle muss das Manual ausgeschärft werden.
Wir untersuchen manuelle experimentelle Kompetenz als individuelles Personenmerkmal. In Partnersettings treten dabei weitere, schwer kontrollierbare Effekte auf. Es ist valider und reliabler, in der Hauptstudie Einzelexperimente zu untersuchen, auch wenn dies mit einem erhöhten Studienaufwand verbunden ist.
In der Hauptstudie soll die experimentelle Kompetenz der manuellen Durchführung durch einen Quotienten Fehler / wirksamer Schritt abgebildet werden. Dabei soll die Validität des Messinstruments durch weitere Tests bestätigt werden. Wir erwarten Korrelationen zwischen diesem Quotienten und den weiteren Attributen von Versuchen.

Literatur

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit: Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*, Berlin.

Bybee, R. (2000). Teaching Science as Inquiry. In J. A. Minstrell & American Association for the Advancement of Science. (Eds.), *Inquiring into inquiry : learning and teaching in science* (pp. 20–47). Washington D.C: American Association for the Advancement of Science.

Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests*. Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2012. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 134*. Berlin: Logos-Verlag

Hammann, M., Phan, T. H., & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin, & H.-H. Krüger (Eds.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Vol. 8.*

Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science: A review of research*. *SCRE publication Using research series: Vol. 21*. Glasgow: Scottish Council for Research in Education.

Hartinger, A. (2014). Experimente und Versuche. In D. von Reeken (Ed.), *Dimensionen des Sachunterrichts: Vol. 3. Handbuch Methoden im Sachunterricht* (3rd ed., pp. 68–75). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, *22* (1), 85–142.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28–54.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 105–107.

Müller, A. 2(003) Fehlertypen und Fehlerquellen beim Physiklernen –Was weiß die Denkpsychologie? In: PdN–Physik, 1/52; Jahrgang 2003

Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente*. Zugl.: München, Univ., Diss., 2007. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 68*. Berlin: Logos-Verlag.

Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Kirchner, S. (2013). Der Umgang mit Variablen bei offenen Experimentieraufgaben im Physikunterricht: Eine Beobachtungsstudie am Beispiel der Konstruktion von auftriebserzeugenden Profilen für ein Windradmodell (Dissertation;). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

KMK, (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer.

Labudde, P., & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1). Retrieved from 10.1007/s11618-012-0257-0

Maiseyenka, V., Nawrath, D. & Schecker, H. (2011). Modellbasierte Förderung und Diagnose von Experimentierkompetenz. In: D. Höttecke (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: Lit Verlag.

Papula, L. (2015). *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler - Anwendungsbeispiele*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Parchmann, I., & Schecker, H. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *12*.

Schecker, H., Neumann, K., Theyßen, H., Eickhorst, B., & Dickmann, M. (2016). Stufen experimenteller Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22* (1), 197–213.

Schecker, H., Theyßen, H., & Schreiber, N. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *3*(8), 92–101.

Schenk, W., Kremer, F., Beddies, G., Franke, T., Galvosas, P., & Rieger, P. (2014). *Physikalisches Praktikum*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2014). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20* (1).

Tesch, M., Duit, R.(2002). Zur Rolle des Experiments im Physikanfangsunterricht. In: V. Nordmaier (Hg.): Didaktik der Physik: Beiträge zur Frühjahrestagung der DPG –Leipzig

Wagner, J., Tipler, P. A., Mosca, G., Basler, M., & Kommer, C. (Eds.). (2015). *Lehrbuch. Physik für Wissenschaftler und Ingenieure: [der Begleiter bis zum Bachelor]* (7. dt. Aufl.). Berlin: Springer Spektrum.

Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.

Hans Peter Dreyer Universität Zürich

Quantenphysik als Teil gymnasialer Allgemeinbildung
FACETTEN für Nicht-MINT-Gymnasiast/innen

Ausgangslage: meist wenig Motivation für Physik

In der Schweiz müssen auch die 70% Nicht-MINT-Lernenden in der gymnasialen Oberstufe Physik belegen. Nur ein kleiner Teil von ihnen wird ein Studium ergreifen, das spezifische Vorkenntnisse in Physik erfordert. Gymnasiale Quantenphysik (QP) ist für diese Zielgruppe ein Teil der Allgemeinbildung und kann insbesondere zum Weltbild im Kleinen beitragen. Angesichts der Bedeutung des Gebiets scheint ein Anteil von 10% der Unterrichtszeit gerechtfertigt. In den kantonal unterschiedlichen Lehrplänen spielt aber QP gar keine oder nur eine geringe Rolle (Einblick in moderne Physik, Lichtquant …). Andererseits setzt der schweizerische Rahmenlehrplan (RLP) anspruchsvolle Ziele (EDK, 1994): „Der Physikunterricht (…) weist aber gleichzeitig physikalisches Denken als wesentlichen Bestandteil unserer Kultur aus." Derartige, auf der Ebene NOS anzusiedelnden Elemente können mit einem Gebiet aus der modernen Physik eher erreicht werden als mit newtonscher Mechanik.

Erhebungen (EDK, 2004) zeigen, dass in dieser Population das Interesse für Physik mehrheitlich gering ist. Eine differenziertere Erhebung (Dreyer, 2015) bestätigt, dass vor allem die Gymnasiastinnen ein sehr geringes Interesse zeigen, obwohl in Schwerpunkten wie Spanisch oder Musik ein Fünftel ein hohes Interesse an MINT-Fächern äussert. Unterricht zur QP muss vor allem versuchen, die Interessen der Gymnasiastinnen zu wecken, aber auch Binnendifferenzierung ermöglichen. Eine Hypothese für die FACETTEN DER QUANTENPHYSIK ist, dass Menschen und Grundsatzfragen interessieren. In der Pilotphase (N = 40) bestätigten folgende Items diese Annahmen (auf einer Skala von 5 = klar JA und 1 = klar NEIN):

Es tröstet mich, dass berühmte Physiker auch Probleme mit der Veranschaulichung von Quanten hatten. (Ideal = 5.0; vorher / nachher = 3.5 / 4.4)
Die Diskussion der Grundlagen der Physik gehört in den Philosophie- nicht in den Physikunterricht. (Ideal = 1.0; vorher / nachher = 1.6 / 1.9)

Einzelne Charakteristika der FACETTEN DER QUANTENPHYSIK

Welche Rolle soll Geschichte der Physik spielen? Einerseits verlangt der RLP „Der Physikunterricht vermittelt exemplarisch Einblick in frühere und moderne Denkmethoden und deren Grenzen." „[Er] zeigt, dass sich physikalisches Verstehen dauernd entwickelt und wandelt (…)." Schon der alte Berkeley Physik Kurs fand (Wichmann, 1975): „Es ist sicher interessant, den historischen Ablauf (…) zu verfolgen, da dadurch unsere physikalischen Kenntnisse entscheidend erweitert werden." Andererseits wird von fachdidaktischer Seite besonders im Zusammenhang mit dem gymnasialen Unterricht zur QP schon früh der historische Weg kritisiert (Brachner & Fichter, 1977): „Eine Hauptschwierigkeit (…) liegt wahrscheinlich darin, dass man bisher meist dem historischen Werdegang der Theorie zu folgen versuchte. Dadurch werden viele oft nicht mehr aktuelle Schwierigkeiten aus der Vorgeschichte der Quantentheorie in die Schule getragen." Die kontroverse Einschätzung besteht bis heute. Angesichts der Ausgangslage lassen sich die FACETTEN vom historischen Werdegang leiten, denn die NOS-Elemente benötigen historische Belege, wenn sie nicht blosse Thesen bleiben sollen. Aus Sicht der Fachwissenschaft überwundene Schwierigkeiten können helfen, aktuelle Lernschwierigkeiten zu überwinden. Gymnasiale QP muss ebenso ohne Quantenfeldtheorien entstehen wie gymnasiale Mechanik ohne Hamilton-Jacobi-Formalismus.

Quantenphysik umfasst aus Gymnasialperspektive die Theorien zum Licht und zur Materie. Das Licht wird in der Quantenelektrodynamik (QED) beschrieben, deren konzeptionelle und mathematische Anforderungen so hoch sind, dass sie erst in den vorgerückten Semestern des universitären Physikstudium gelehrt wird (Schmüser, 2012). Die Frage von Kapitel 1 „Was ist Licht?“ kann im Gymnasium also nur aus der Sicht der Frühen Quantenphysik (Hund, 1984) beantwortet werden. Die Lichtquantenhypothese wird von den Lernenden akzeptiert, weil ihre Präkonzepte meist gemischt und noch nicht gefestigt sind. Der angestrebte Konzeptwechsel zum Sowohl-als-auch von „wellig“ und „körnig“ und damit zum Begriff des Quantenobjekts scheint nach der Piloterprobung zu gelingen. Dazu trägt bei, dass mit dem neuen Konzept sowohl verschiedene Phänomene des Schüleralltags (Klimafrage, Sonnenschutz …) als auch Anwendungen in technischen Geräten (Solarzellen, Laser …) verstanden werden können. Dabei taucht die Frage nach der Rolle des Dualismus‘ auf. Er ist von Einstein beim Licht entdeckt und erst durch die QED aufgelöst worden. Den Lernenden begegnet er direkt in der zentralen Gleichung $E = hf$, wo links der Teilchenaspekt und rechts der Wellenaspekt steht. Im Gegensatz zu einem auf Brachner und Fichter (1977) zurückgehenden physikdidaktischen Trend „Quantenphysik ohne Dualismus“ wird in den FACETTEN der Dualismus reflektiert und betont. Hingegen wird der Begriff „Photon“, der dem Licht auf der Sekundarstufe faktisch einen reinen Teilchenaspekt zuschreibt, nur am Rand verwendet.

An der Universität wird die Materie zuerst im Rahmen der nichtrelativistischen Quantenmechanik als Lösung ψ der Schrödinger-Gleichung beschrieben (Straumann, 2012). Das kann erst am Schluss aufscheinen. Die Frage von Kapitel 2 „Materie – Teilchen oder Welle?“ spricht bereits im Titel die verbreitete und sehr tief verankerte Schülervorstellung an, Materie sei rein teilchenartig. (R. Müller & H. Schecker, 2018). Die Hinführung zur QM beginnt aus didaktischen Gründen dort, wo die historische Entwicklung ihren Anfang nahm: bei der Kritik an den semiklassischen Modellen der frühen QP, insbesondere des Planetenmodells. Dabei kommt Bohrs ad hoc Annahme, auf den stationären Bahnen sei das Strahlungsgesetz der Elektrodynamik ausser Kraft zu setzen, eine besondere Bedeutung zu. Vor dem QP-Unterricht glauben die Lernenden, dass nur Atome mit umlaufenden Elektronen stabil sein könnten, die Quantisierungsforderung für den Drehimpuls akzeptieren sie, wenn sie überhaupt erwähnt wird. Von Strahlungsverlusten haben sie keine Ahnung, weil dies nie Unterrichtsthema war.

Der Konzeptwechsel erfordert die Erschütterung der Präkonzepte und anschliessend den schrittweisen Aufbau (de Broglie => Schrödinger => Born) des quantenmechanischen Atommodells. Eine „Roadmap“ zeigt den Lernenden auf, dass de Broglies Materiewellen und Schrödingers kontinuierliche Ladungsdichten nur Zwischenstufen sind auf dem Weg zum Orbitalmodell, in dem die Quantenobjekte „körnig“ und wellig“ und auch „zufällig“ in Erscheinung treten. Das Atom, mit dem die Lernenden auch in Chemie- und Biologieunterricht oft arbeiten, steht Zentrum des Unterrichts und nicht die abstrakten Grundprinzipien der QM wie das Überlagerungsprinzip. Realexperimente und Simulationen mit Elektronen, Neutronen und anderen freien Quantenobjekten bestätigen den Wellenaspekt ebenso der mit Beispielen erläuterte Tunneleffekt.

Einige Ergebnisse aus dem Pilottest

Stünden überall zumindest 6 Lektionen für Kapitel 1 zur Verfügung, wäre das schon eine Verbesserung gegenüber dem Istzustand. Weil die Zustandsfunktion ψ und das Atom traditionell dem Chemieunterricht zugeteilt werden, scheint es vielen Physik-Lehrpersonen unmöglich, weitere 12 Lektionen in den überfüllten Lehrplänen für Kapitel 2 zu gewinnen, obwohl Schrödingers Katze erstaunlich vielen Lernenden aus der Populärliteratur bekannt ist, aber unverständlich bleibt. Aus diesen Gründen konnten bisher Kapitel 1 und 2 in nur zwei Klassen mit 40 Lernenden systematisch erprobt werden.

Die zwei auf Rainer Müller (2003) zurückgehenden Items zeigen, wie gut, das Planetenmodell mit den FACETTEN überwunden werden kann:

Im Atom bewegen sich Elektronen auf bestimmten Bahnen mit hoher Geschwindigkeit um den Kern. Ideal = 1.0; vorher / nachher = 3.2 / 1.7; Effektstärke = 1.5.
Das Elektron stürzt nicht in den Atomkern, weil es sehr klein ist und sich schnell bewegt. Ideal = 1.0; vorher / nachher = 3.5 / 2.1; Effektstärke = 1.1.

Wie gut aber das Neue, das Orbitalmodell, verankert und wie belastbar es ist, blieb bisher offen, ebenso die veränderte Rolle der Stochastik in der Physik. Hingegen wurden zwei NOS-Elemente untersucht. D. Höttecke & M. Hopf (2018) karikieren eine verbreitete NOS-Schülervorstellung: „Physik und Technik sind das Gleiche." Sie wird im Kapitel 1 aufgegriffen und im Ergänzungsmaterial „Nachdenken über Physik" vertieft; analog die Frage nach dem Verhältnis zwischen Theorie und Experiment in der Physik im Kapitel 2. Folgende Items aus dem Pilottest liefern ein gedämpft positives Resultat mit begrenzter Aussagekraft:

Für jede technische Neuheit muss zuerst die physikalische Grundlage erarbeitet werden. Ideal = 1.0; vorher / nachher = 3.9 / 2.3; Effektstärke = 1.1.
In der Physik liefert zuerst ein Experiment neue Daten. Diese kann man anschliessend theoretisch erklären.» Ideal = 1.0; vorher / nachher = 3.1 / 2.1; Effektstärke = 0.7.

Zwischenbilanz zu den FACETTEN und Ausblick

Der Pilottest mit verschiedenen Lehrpersonen an verschiedenen Schulen zeigt die Praxis-Tauglichkeit dieses Produkts fachdidaktischer Entwicklungsforschung (Prediger & Link, 2012). In weiteren Unterrichtstests soll erprobt werden, ob in Kleingruppen geführte Lerntagebücher den Austausch zwischen den Lernenden über die Konzeptwechsel fördern, wie es schon M. Lichtfeldt (1992) gefordert hatte. Lerntagebücher könnten auch eine qualitative Ergänzung zur praktisch wichtigen Leistungsbeurteilung liefern, die in der QM wegen der geringen Anzahl quantitativer Prüfungsaufgaben schwierig ist. Mit Lerntagebüchern und mit einer Verbesserung der Fragebogen würde die empirische Basis für Urteile über die verschiedenen Wege der physikalischen und NOS-Konzeptwechsel besser.

Wichtige Fragen bleiben noch zu beantworten: Wie entwickeln sich die Konzepte der Lernenden längs der Roadmap vom Planetenmodell zum Orbitalmodell, und wie tragfähig ist dieses Modell ohne die Verbindung zu Schrödingergleichung und komplexwertigen Wellenfunktionen? Wie verändern sich bei diesen physikalischen Entwicklungen das mathematische Werkzeug „Statistik" und das philosophische Konzept „Zufall" respektive „Determinismus"? Diesen Fragen soll in einem mixed-methods Ansatz nachgegangen werden. In Leitfaden-gestützten Interviews sollen die Entwicklungen mehrerer unterschiedlich leistungsfähiger Lernenden erhoben und dokumentiert werden (Niebert, 2014). Die Ausarbeitung kann aus Ressourcengründen nicht so fein sein wie bei der Fallstudie von J. Petri (2014) beim Schüler Carl. Weil aber die Rahmenbedingungen des Unterrichts (Voraussetzungen vom Kapitel 1 und enge Orientierung am Kapitel 2) besser bekannt sind als beispielsweise bei den Untersuchungen von M. Lichtfeldt (1992), dürften im Spektrum der Lernwege die häufigsten deutlich zum Vorschein kommen.

Obwohl nach so kurzer Unterrichtszeit Veränderung des Interessens für Physik kaum nachweisbar oder gar signifikant sein werden (Busker, 2014), bedeutet Unterricht mit den FACETTEN für die Nicht-MINT-Lernenden eine Phase mit wenig Rechnungen und vielen Konzeptfragen, also zumindest eine willkommene Abwechslung.

Literatur

Brachner, A. und Fichter, R., (1977): Quantenmechanik für Lehrer und Studenten. Hannover: Schroedel

Busker, M. (2014) Entwicklung eines Fragebogens zur Untersuchung des Fachinteresses. In D. Krüger et al. (Eds). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer. 269-281

Dreyer, H.P. (2015). MUPET Mathematik- und Physikentwicklung am Gymnasium unter Berücksichtigung der Technik. Zürich: ETH. http://www.math.ch/mupet/MUPET.html (01.10.2019)

EDK (1994). Rahmenlehrplan für Maturitätsschulen. Bern: Konferenz der kantonale Erziehungsdirektoren.

EDK (2004). EVAMAR I. Bern: Konferenz der kantonale Erziehungsdirektoren.

Fischler, H. (Ed.) (1992). Quantenphysik in der Schule. Kiel: IPN

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaft. In: H. Schecker et al. (Eds.). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer. 271-285

Hund, F. (1984). Geschichte der Quantentheorie. Mannheim: Bibliographisches Institut

Krijtenburg-Lewerissa, K. et al (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. Phys. Rev. Phys. Ed. Research 13, 0101009

Lichtfeldt, M. (1992). Schülervorstellungen in der Quantenphysik und ihre Veränderungen durch Unterricht. Essen: Westarp

Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos

Müller, R. & Schecker, H. 2018). Schülervorstellungen zur Quanten- und Atomphysik. In: H. Schecker et al. (Eds.). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer. 209-224

Niebert. K. et al. (2014) Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger et al. (Eds). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer. 121-132

Petri, J. (2014) Fallstudien zur Analyse von Lernpfaden. In D. Krüger et al. (Eds). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer. 95-105

Prediger, S. & Link, M. (2012). Die Fachdidaktische Entwicklungsforschung – Ein lernprozess-fokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In: Vorstand der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) (Hrsg.): Formate Fachdidaktischer Forschung. Münster: Waxmann

Schmüser, P. (2012. Theoretische Physik für Studierende des Lehramts 1. Berlin: Springer

Straumann, N. (2012): Quantenmechanik. Berlin: Springer

Wichmann, H. (1975). Quantenphysik Berkeley Physik Kurs 4. Braunschweig: Vieweg + Sohn

Steffen Brockmüller Universität Duisburg-Essen
Mathias Ropohl

Welche Schwierigkeiten haben Schülerinnen und Schüler beim Auswerten von Versuchsdaten?

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Häufig werden naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen als Modi eines naturwissenschaftlichen Problemlösens konzeptualisiert, welches als *Scientific Reasoning* bzw. im deutschen Sprachraum auch als *Wissenschaftliches Denken* begrifflich gefasst wird (Opitz, Heene & Fischer, 2017). An die Arbeiten von Klahr (2000) anknüpfendend ist eine Dreiteilung in die drei Komponenten Hypothesen generieren, Untersuchungen planen sowie Daten auswerten üblich. Das kompetente Anwenden dieser Denk- und Arbeitsweisen gilt als Teil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung und dadurch als Lernziel naturwissenschaftlichen Unterrichts (z.B. MSW NRW, 2014).
Das Scientific Reasoning (vgl. Abb. 1) von Schülerinnen und Schülern wird als wissensbasiert konzeptualisiert (z.B. Mayer, 2007). Als relevant werden dabei drei Wissensbereiche angesehen: (1) *Fachwissen* über domänenspezifische Konzepte; (2) *prozedurales Wissen* bzgl. Strategien und Vorgehensweisen spezifischer Denk- und Arbeitsweisen; und (3) *epistemisches Wissen,* welches deklarativ vorliegt und grundlegende Konzepte naturwissenschaftlichen Arbeitens, wie z.B. Gütekriterien, umfasst (Arnold, 2015; Kind, 2013).

Abb. 1 Das naturwissenschaftliche Problemlösen (Scientific Reasoning) lässt sich in drei Denk- und Arbeitsweisen einteilen. Für diese wiederum lassen sich einzelne Komponenten ausdifferenzieren (hier für die Auswertung erfolgt). Die Fähigkeit zum adäquaten Scientific Reasoning wird dabei vom Wissen in drei Bereichen beeinflusst.

Das Auswerten von Daten ist eine Denk-und Arbeitsweise, die insbesondere im Kontext des Forschenden Lernens hohe Relevanz einnimmt (Hug & McNeill, 2008). Die Arbeitsweise zeichnet sich dadurch aus, dass (z.B. Versuchs-)Daten zunächst aufbereitet, d.h. geeignet ausgewählt und ggf. in eine Repräsentationsform überführt werden, die nähere Analysen erlaubt. Die aufbereiten Daten werden in der Folge interpretiert, indem sie mit dem fachlichen Vorwissen in Bezug gesetzt und auf Trends und Muster hin untersucht werden. Die interpretierten Daten werden dann genutzt, um Aussagen bzgl. der Fragestellung bzw. der Hypothesen zu machen. Diese Schlussfolgerungen werden verallgemeinert, bzw. es wird eingeschätzt, welche weiteren Informationen oder Untersuchungen es bedarf, um eine solche Generalisierung zu erlauben. Alle vorhergehenden Komponenten werden von der Beurteilung der Gültigkeit der Daten und des experimentellen Designs und Vorgehens begleitet (bspw. Chinn & Malhotra, 2002; Wellnitz & Mayer, 2013).

Schülerinnen und Schüler sind während der Auswertung von Daten mit Schwierigkeiten konfrontiert. Trends aus Daten abzuleiten, fällt vielen Schülerinnen und Schülern schwer (Jeong, Songer & Lee, 2007). Anomale, d.h. dem Vorwissen bzw. den Erwartungen nicht entsprechenden Beobachtungen werden von Schülerinnen und Schülern nicht adäquat behandelt (Toplis, 2007). Auch das Einbeziehen von Messungenauigkeiten und -fehlern in die Auswertung und allgemeiner das Berücksichtigen von Reliabilität und Validität als Gütekriterien stellen eine Schwierigkeit dar (Lubben & Millar, 1996). Dies äußert sich beispielsweise darin, dass vielen Schülerinnen und Schülern die Auswahl geeigneter Versuchsdaten für das Ziehen von Schlussfolgerungen nur eingeschränkt gelingt (McNeill & Krajcik, 2007). Auch sind diese Schlussfolgerungen und Generalisierungen von Schülerinnen und Schülern häufig nicht ausreichend mit Daten belegt (Sandoval & Millwood, 2005).
Vorliegende Studien haben vor allem Fähigkeiten von jüngeren Lernenden untersucht, wodurch bislang nur eingeschränkte Evidenz vorliegt, die Aussagen über den Förderbedarf von Schülerinnen und Schülern in der Oberstufe erlaubt (Arnold et al., 2014, Vorholzer et al., 2018). In den inhaltlich und prozedural komplexeren experimentellen Untersuchungen der Oberstufe (vgl. MSW NRW, 2014) ist allerdings das Auftreten spezifischer Schwierigkeiten plausibel. Als ein Resultat des in dieser Hinsicht limitierten Forschungsstands liegen bislang wenige Studien vor, die Fördermaßnahmen für Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe II oder entsprechenden Klassenstufen beim Auswerten experimentell erhobener Daten diskutieren (van Rens, 2014). Zudem ist der Wissensstand zu Schwierigkeiten im Chemieunterricht wenig ausgebaut: Bestehende Befunde sind häufig in benachbarten Domänen (insbesondere der Physik) oder in domänenunspezifischen Settings kontextualisiert.

Forschungsfragen
Aus dem beschriebenen Forschungsstands lässt sich ableiten, dass Bedarf an einer genaueren Betrachtung der Performanz von Chemielernenden der Oberstufe beim Auswerten von Daten besteht. Das hier beschriebene Dissertationsprojekt fokussiert dabei auf die Auswertung von selbst erhobenen Daten (vgl. Hug & McNeill, 2008) mit dem Ziel, Kategorien von Schwierigkeiten zu identifizieren, die die Schülerinnen und Schüler beim kompetenten Durchführung dieses Bereichs des Scientific Reasonings einschränken. Aus dem in Abb. 1 dargestellten Modell des Scientific Reasonings lässt sich darüber hinaus hypothetisch ableiten, dass der Wissensstand der Lernenden bzgl. des prozeduralen, epistemischen und Fachwissens Einfluss auf das Auftreten von bestimmten Schwierigkeiten hat. Entsprechend lassen sich die folgenden zwei Forschungsfragen formulieren.

FF1: Welche Schwierigkeiten haben Lernende der Oberstufe bei der Datenauswertung im Fach Chemie?

FF2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Auftreten dieser Schwierigkeiten und dem prozeduralen und epistemischen Wissen zum Auswerten von Daten sowie dem Fachwissen der Lernenden?

Studiendesign
Die Forschungsfragen werden beantwortet, indem die Handlungen und die Kommunikation von Lernenden der Oberstufe während der Auswertung selbst erhobener Daten sowie ihre dabei erzielten Ergebnisse analysiert werden. Dazu führen die Lernenden zwei Versuche durch, in welchen sie in Zweiergruppen quantitative Datensätze generieren. Dazu erhalten Sie digitale Sensoren, deren Messwerte mithilfe eines Tabletcomputers dargestellt werden können. Die erhaltenen Datensätze werden von den Schülerinnen und Schülern in der Folge anhand von offenen Aufgabenstellungen, die auf die oben beschriebenen fünf Komponenten

der Datenauswertung abzielen, ausgewertet. Die Lernenden notieren ihre Antworten in Aufgabenheften, die nach Fertigstellung eingesammelt werden.

Ein gegenwärtig in der Pilotierung befindliches Experimentiersetting lässt Schülerinnen und Schüler anhand des Vergleichs der Messwerte von Titrationen einer Säure-Base-Pufferlösung und einer gleich konzentrierten Kochsalzlösung die chemischen Eigenschaften des betreffenden Puffers untersuchen. Die Versuche sind durch eine vorgegebene Herleitung von Hypothesen und Versuchsplanung, eine angeleitete Versuchsdurchführung und die Verwendung digitaler Sensoren vorstrukturiert, um weitestgehend sicherzustellen, dass es sich bei den zu beobachtenden Schwierigkeiten um genuine Schwierigkeiten bei der Datenauswertung und nicht um Artefakte von fehlerbehaftetem Vorgehen der Lernenden zu früheren Zeitpunkten handelt. Eine weitere, thematisch und strukturell ähnliche Experimentierumgebung wird auf Grundlage der Ergebnisse einer gegenwärtig durchgeführten Pilotstudie ($N = 50$) entwickelt.

Die Analyse der Aktivitäten der Lernenden in der Hauptstudie und der dabei auftretenden Schwierigkeiten während der Auswertung dieser zwei Versuche soll durch eine Analyse von Videodaten der Zweiergruppen erfolgen. Um entsprechendes Datenmaterial zu erheben, werden je teilnehmender Klasse bis zu fünf Zweiergruppen ausgewählt, deren Arbeit während der Auswertung des Versuchs videographiert wird (vgl. Arnold et al., 2014). Bei einer Stichprobe von ca. $N = 100$ (d.h. 50 Zweiergruppen), soll eine Teilstichprobe von $n = 40$ Schülerinnen und Schülern (d.h. 20 Zweiergruppen) videographiert werden. Darüber hinaus werden von der gesamten Stichprobe die verschriftlichten Antworten auf die Auswertungsaufgaben eingesammelt.

Die Videos sollen in der Folge durch eine weitestgehend induktive qualitative Inhaltsanalyse auf Schwierigkeiten hin gesichtet werden (Mayring, 2015). Ziel ist es dabei, Kategorien von Schwierigkeiten zu identifizieren, die bei den Schülerinnen und Schülern während der Auswertung des Versuchs auftreten. Die Analyse der Videodaten wird dabei turnbasiert durchgeführt. Als Selektionskriterium für das Kodieren eines Turns wird dabei auf die Definition einer „unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeit“ von Kechel (2016, S. 57ff., S. 113) zurückgegriffen. Diese nutzt das Verfehlen eines Teilziels der Aufgabe, unerwünschte Handlungen und Ausdrücke von Mühe und/oder negativem Erleben durch die Lernenden zur Identifikation einer Schwierigkeit. Im Zuge der Pilotierung der Experimentiersettings sollen bereits Grundlagen eines Kodiermanuals entwickelt werden.

Um Schlüsse bzgl. der zweiten Forschungsfrage zu ziehen, werden die Probanden in der Hauptstudie auf Grundlage ihrer Leistungen in Tests zu den drei in Abbildung 1 dargestellten Wissensbereichen zu homogenen Zweiergruppen gruppiert. So soll qualitativ geprüft werden, ob die Ausprägung des Vorwissens der Zweiergruppen in bestimmten Wissensbereichen mit dem Auftreten spezifischer Schwierigkeiten in Zusammenhang steht. Darüber hinaus können Analysen bzgl. der Bewertungen der Antworten der Lernenden auf die Auswertungsaufgaben und der Testscores durchgeführt werden. Zur Erhebung des Vorwissens der Lernenden wurden drei Instrumente adaptiert. Das Instrument zum prozeduralen Wissen besteht aus 15 Multiple-Choice-Items, die aus verschiedenen bestehenden Instrumenten (Henke, 2007; Nehring, 2015; Roberts & Gott, 2003; Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016) adaptiert wurden. Das Instrument zum epistemischen Wissen wurde aus Arnold (2015) entnommen und um drei Items auf insgesamt 13 Single-Choice-Items gekürzt. Beim Instrument zum Fachwissen handelt es sich um 24 Single-Choice-Items, welche sich mit dem Themenbereich Säuren und Basen befassen und aus einem für den Einsatz in der Oberstufe entwickelten Itempool von Hülsmann (2015) stammen. Parallel zur Pilotierung des Experimentiersettings werden gegenwärtig auch die Testinstrumente erprobt und evaluiert ($N = 100$).

Literatur

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? International Journal of Science Education, 36 (16), 2719–2749. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209

Arnold, J. (2015). Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Berlin: Logos.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools. A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86 (2), 175–218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

Henke, C. (2007). Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven. Berlin: Logos.

Hug, B. & McNeill, K. L. (2008). Use of First-hand and Second-hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? International Journal of Science Education, 30 (13), 1725-1751. https://doi.org/10.1080/09500690701506945

Hülsmann, C. (2015). Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos.

Jeong, Heisawn; Songer, Nancy B.; Lee, Soo-Young (2007): Evidentiary Competence. Sixth Graders' Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations. In: Research in Science Education 37 (1), S. 75–97. 10.1007/s11165-006-9014-9.

Kechel, J.-H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos.

Kind, P. M. (2013). Establishing Assessment Scales Using a Novel Disciplinary Rationale for Scientific Reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 50 (5), 530–560. https://doi.org/10.1002/tea.21086

Klahr, D. (2000). Exploring Science. Cambridge/London: MIT Press.

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, 18 (8), 955–968. https://doi.org/10.1080/0950069960180807

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In: Lovett, M. & Shah, P. (Hrsg.), Thinking with data. (S. 233-265). New York: Taylor & Francis.

MSW NRW. (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP_GOSt_Chemie.pdf

Nehring, A. (2015): Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung, Berlin: Logos.

Opitz, A., Heene, M. & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. Educational Research and Evaluation, 23 (3-4), 78–101. https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586

Roberts, R. & Gott, R. (2004). A written test for procedural understanding. A way forward for assessment in the UK science curriculum? Research in Science & Technological Education, 22 (1), 5–21. https://doi.org/10.1080/0263514042000187511

Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. Cognition and Instruction, 23 (1), 23–55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2

Toplis, R. (2007). Evaluating Science Investigations at Ages 14–16. Dealing with anomalous results. International Journal of Science Education, 29 (2), 127–150. https://doi.org/10.1080/09500690500498278

Van Rens, L., Hermarij, P., Pilot, A., Beishuizen, J., Hofman, H. & Wal, M. (2014). Pre-university Chemistry Students in a Mimicked Scholarly Peer Review. International Journal of Science Education, 36 (15), 2514–2533. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.895447

Vorholzer, A.; Aufschnaiter, C. von; Kirschner, S. (2016): Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), S. 25–41. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0039-3

Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. von & Boone, W. J. (2018). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation. A Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. Research in Science Education, 103 (1). https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1

Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 315-345.

Katharina Gierl
Patrick Löffler
Alexander Kauertz

Universität Koblenz-Landau

Beschreibungen optischer Phänomene

Ausgangslage und Forschungsinteresse

Das Beschreiben naturwissenschaftlicher Phänomene ist ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Bildung und entsprechend in den Lehrplänen aller Bildungsstufen präsent: „*Die Schüler und Schülerinnen können am Ende der Qualifikationsphase physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern*“ (MSB NRW, 2014, S.61), lautet die allgemeine Kompetenzerwartung mit dem Erlangen der allgemeinen Hochschulreife für die Dimension Fachwissen. Das Fehlen von Progressionsangaben wird dadurch begründet, dass diese abhängig von der Komplexität des Fachinhalts sind. Für die Feststellung der Zielerreichung und der kumulativen Förderung der Beschreibungsfähigkeit werden jedoch schulstufenspezifische Progressionsangaben benötigt. Daher ist das Ziel dieser Arbeit das Identifizieren von themenübergreifenden Merkmalen einer naturwissenschaftlichen Beschreibung, die herangezogen werden können, um die Entwicklung der Beschreibungsfähigkeiten von Novizen bis zum Experten nachzuzeichnen. Hierzu werden zunächst Merkmale aus der Theorie abgeleitet und in ein Kategoriensystem überführt, anhand dessen naturwissenschaftliche Beschreibungen unterschiedlicher Niveaustufen analysiert werden können (Schüler -und Schülerinnen der Sekundarstufe I und II, Lehramtsstudierende und Physikdozierende). Das Kategoriensystem wird im Sinne einer qualitativ-strukturierenden Inhaltsanalyse induktiv angepasst. Jedoch fehlen hierzu empirische Forschungsarbeiten, die das naturwissenschaftliche Beschreiben als ein eigenständiges Konstrukt erfassen. Ein alternativer Ansatz findet sich in der pragmatisch-linguistischen Forschung, hier werden Beschreibungen als Kommunikationsprozesse modelliert (Stutterheim & Kohlmann, 2001). Dieser Ansatz hat sich bereits zur Modellierung der Erklärfähigkeiten bewährt (Kulgemeyer & Schecker, 2013). Nachfolgend werden der Ansatz und der zugrundeliegende theoretische Hintergrund erörtert und am Beispiel einer Pilotstudie mit Beschreibungssituationen aus der Optik konkretisiert.

Theoretischer Hintergrund

Eine naturwissenschaftliche Beschreibung kann als *Kommunikation* von *Beobachtungen* aufgefasst werden. Aus beiden Konstrukten lassen sich daher Merkmale einer naturwissenschaftlichen Beschreibung ableiten. Eine erfolgreiche Kommunikation ist sowohl sachgerecht als auch adressatengerecht (Kulgemeyer, 2010). An die Kommunikation sind durch die Berücksichtigung des Adressaten Konventionen einer Sprachgemeinschaft gebunden (Stutterheim & Kohlmann, 2001). Diese Konventionen lassen sich aus Forschungsarbeiten zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen ableiten. Naturwissenschaftliche Beobachtungen sind demnach: zielgerichtet, theoriegeleitet, systematisch und intersubjektiv prüfbar (Wellnitz & Mayer 2013). Kohlhauf & Neuhaus (2011) unterscheidet darüber hinaus zwischen zufälligem, unsystematischem und systematischem Beobachten. Die Systematik wird gemessen am Fokus und der Spezifität der beschriebenen Details, der Orientierung an einer naturwissenschaftlichen Fragestellung (*Zielorientierung)* sowie an den angestellten Interpretationen. Außerdem ist für die Systematik relevant, ob Inferenz und Beobachtung voneinander getrennt werden (*Intersubjektive Prüfbarkeit*). Die angestellten Interpretationen beziehen sich dabei auf gemeinsame Wissensbestände der Sprachgemeinschaft (Stutterheim & Kohlmann, 2001,

Stutterheim, 2015), welche im naturwissenschaftlichen Kontext physikalische Konzepte und Gesetzmäßigkeiten beinhalten (*Theoretischer Bezug)*. Neben der Selektion und Interpretation von Informationen, müssen die Informationen, selbst wenn sie multidependent sind, in eine kohärente lineare (Erzähl-) Struktur überführt werden (*Linearisierung*). Bei einer Gegenstandsbeschreibung werden zum Beispiel räumliche Relationen für die Linearisierung zugrunde gelegt, wohingegen bei Prozessbeschreibungen zeitliche Relationen verwendet werden (ebd.). Insbesondere die zeitliche Linearisierungsstrategie ist bei physikalischen Untersuchungen bedeutsam. Zusätzlich zu den genannten Merkmalen einer adressatengerechten Beschreibung, sind Merkmale einer sachgerechten Beschreibung zu berücksichtigen. Eine sachgerechte Beschreibung beinhaltet die korrekte Verwendung der Fachsprache sowie die korrekte Bezugnahme zu physikalischen Konzepten und Gesetzmäßigkeiten (*Fachliche Adäquatheit*).

Zusammengefasst müssen die Lernenden beim Beschreiben passend zur initiierenden Fragestellung relevante Informationen selektieren und anhand physikalischer Modelle interpretieren, um Eigenschaften und Zusammenhänge zu identifizieren. Die Interpretationen müssen transparent dargestellt werden, um eine intersubjektive Prüfbarkeit zu gewährleisten. Alle Aussagen müssen schließlich in eine kohärente Struktur überführt werden und fachlich adäquat sein.

Diese Prozesse sind mit einigen Schwierigkeiten verbunden, die am Beispiel optischer Phänomene erläutert werden. Die Ursachen optischer Phänomene beruhen auf Wechselwirkungen des Lichts mit Materie. Diese Wechselwirkungsprozesse sind in der Regel nicht visuell sichtbar. Dies verlangt von den Lernenden eine hohe Interpretationsleistung. Dabei kann es zu Fehlinterpretationen kommen, da sich die zu beschreibenden optischen Phänomene stark ähneln, wie zum Beispiel eine Luftspiegelung auf heißem Asphalt (Brechung bzw. Totalreflexion) und eine Spiegelung auf einer nassen Straße (Reflexion). Die Interpretation des Phänomens kann zusätzlich durch fehlende, unvollständige oder falsche Konzepte erschwert werden. Fehlinterpretationen können mithilfe der fachlichen Adäquatheit identifiziert werden. Eine inkohärente Struktur, die sich in einer fehlenden Linearisierung der Inhalte äußert bzw. eine Beschreibung auf reiner Sichtebene können auf lückenhafte oder fehlende Konzepte hinweisen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass die Beobachtungskompetenz abhängig vom Vorwissen, und den sprachlichen Fähigkeiten ist (Kolhauf & Neuhaus, 2011).

Anhand des theoretischen Hintergrunds ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Anhand welcher Merkmale können Beschreibungen auf verschiedenen Bildungsebenen beurteilt werden?
2. Wie unterscheiden sich naturwissenschaftliche Beschreibungen auf verschiedenen Bildungsebenen hinsichtlich der Zielorientierung, des theoretischen Bezugs, der Linearisierung, der fachlichen Adäquatheit und intersubjektiven Prüfbarkeit?
3. Welchen Einfluss haben Vorwissen, Intelligenz und sprachliche Fähigkeiten auf naturwissenschaftliche Beschreibungen?

Nachfolgend wird das Untersuchungsdesign der Pilotstudie vorgestellt.

Methode und Design

Im Rahmen der Pilotstudie wurden Beschreibungen von Experten (Physikdozierende n = 4) und Studierenden (B.Ed. 3. und 4. Semester n = 9) zu optischen Phänomenen mithilfe einer Onlineumfrage erhoben. Die Umfrage beinhaltet insgesamt 12 Bilder zu optischen Phänomenen. Jedes Bild enthält als zusätzliche Angabe eine zielgebende Fragestellung (z.B. Wie entsteht ein Regenbogen?). Die Bilder zeigen Phänomene der geometrischen Optik (Brechung, Totalreflexion, Dispersion und Reflexion), und der Wellenoptik (Interferenz und Streuung). Bei der Auswahl der Bilder wurden Phänomene gewählt, die sich visuell ähneln (z.B. Totalreflexion an heißem Asphalt und Spiegelung auf einer nassen Straßenoberfläche),

aber unterschiedliche physikalische Wechselwirkungen zur Ursache haben (z.B. Brechung vs. Reflexion). Außerdem wurde zu jedem Phänomen der geometrischen Optik zwei Bilder gezeigt: Ein Bild aus dem Alltag (z.B. Regenbogen) und ein Bild mit einem analogen Experiment, bei dem der Strahlengang sichtbar ist (Dispersion am Prisma). Hierdurch sollen die oben aufgeführten Schwierigkeiten der Lernenden aufgegriffen werden, um schließlich überprüfen zu können, inwieweit diese Aufgabenmerkmale die einzelnen Beschreibungsmerkmale beeinflussen.
Neben den Beschreibungsaufgaben wurde vorab ein Vorwissenstest (Dekmo-O: Digel, 2019) und ein Intelligenz Kurzscreening (Mini-q: Baudson & Preckel, 2015) durchgeführt. Die Auswertungen der Tests liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vor. Die Beschreibungen wurden mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) hinsichtlich der Zielorientierung, des theoretischen Bezugs, der Linearisierung, der fachlichen Adäquatheit und der intersubjektiven Prüfbarkeit analysiert. Nachfolgend werden die Ergebnisse aus dem ersten Analysevorgang vorgestellt und Schlussfolgerungen für die Hauptstudie diskutiert.

Erste Ergebnisse

Erste Analysen der Beschreibungen von Experten (n = 4) und Studierenden (n = 9) zeigen Unterschiede hinsichtlich der Linearisierung und des theoretischen Bezugs. Alle Experten beschreiben den Lichtweg ausgehend von der Lichtquelle bis hin zum Auge des Betrachters und die dabei auftretenden Wechselwirkungen des Lichts mit Materie in einer zeitlichen Abfolge und führen diese auf physikalische Gesetzmäßigkeiten und Modelle zurück. Die Studierenden beschreiben die Phänomene konsistent vorwiegend auf der Sichtebene (6 von 9) ohne Bezugnahme zu physikalischen Modellen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von Larkin (1983), bei denen Studierende physikalische Probleme der Mechanik vorwiegend auf der Sichtstruktur beschrieben haben. In der Pilotstudie konnte festgestellt werden, dass die Struktur der Beschreibungen der Experimente wesentlich kohärenter sind, als die der Alltagsphänomene. Bei den Alltagsphänomenen ist keine einheitliche Linearisierungsstrategie erkennbar. Die Studierenden reihen einzelne Aussagen additiv aneinander, wohingegen sie bei der Beschreibung der Experimente die Aussagen anhand des zeitlichen Verlaufs des Strahlengangs linearisieren. Ebenso positiv wirkt sich die Sichtbarkeit des Strahlenverlaufs auf die Verwendung von physikalischen Konzepten aus.

Ausblick

Insgesamt muss geprüft werden, ob sich die ersten Ergebnisse der Pilotstudie an einer größeren Stichprobe bestätigen lassen und ob die Merkmale dazu geeignet sind Beschreibungen von Schüler- Schülerinnen der Sekundarstufe I und II zu bewerten und inwieweit diese von Vorwissen und Intelligenz abhängen. Des Weiteren ist eine Wiederholung der Studie mit Beschreibungssituationen zur Mechanik geplant. Es soll geprüft werden inwieweit der zu beschreibende Inhaltsbereich eine Auswirkung auf die Merkmale einer Beschreibung hat. Hier ist ein Unterschied, vor allem hinsichtlich der Linearisierung zu erwarten, da in der Mechanik zeitlich stattfindende Prozesse visuell zugänglicher sind. Die Studie wird im Wintersemester 2019 durchgeführt.

Literatur

Baudson, T., & Preckel F. (2015) Mini q Intelligenzscreening in drei Minuten. Diagnostica 62(3) 182-197

Digel, S. (2019). Messung von Modellierungskompetenz in Physik - Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz, Dissertation (Veröffentlichung in der Vorbereitung)

Kohlhauf, L., Rutke, U., & Neuhaus, B. (2011). Influence of previous knowledge, language skills and domain-specific interest on observation competency. Journal of Science Education and Technology, 20(5), 667.

Kulgemeyer, C. (2010). Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik (Vol. 108). Logos Verlag Berlin GmbH.

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science—assessment of science communication competence. Research in Science Education, 43(6), 2235-2256.

Larkin, J H 1983 The role of problem representation in physics In D Gentner A L Stevens (Eds Mental models Hillsdale, NJ Erlbaum.

Mayring, Philipp (2010). Qualitative Inhaltsanalyse (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik.

Stutterheim, C. V., & Kohlmann, U. (2001). Beschreiben im Gespräch. Text-und Gesprächslinguistik. Linguistics of Text and Conversation. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung. An international Handbook of Contemporary Research, 2, 1279-1292.

Stutterheim, C. V. (2015). Einige Prinzipien des Textaufbaus: Empirische Untersuchungen zur Produktion mündlicher Texte (Vol. 184). Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Wellnitz N Mayer, J (2013) Erkenntnismethoden in der Biologie Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19 315 345

Benjamin Bock Universität Graz
Thomas Schubatzky
Claudia Haagen-Schützenhöfer

Erkenntnisprozesse in nicht experimentellen Untersuchungen

Ausgangslage und Zielsetzung

Experimentelle Methoden zeichnen sich durch das Manipulieren bekannter, kontrollierter Systeme aus. SchülerInnen reduzieren naturwissenschaftliches Arbeiten oft auf diese eine „naturwissenschaftliche Methode“. Der Grund dafür scheint u.a. die Überbetonung klassischer experimenteller Designs im naturwissenschaftlichen Unterricht zu sein (Lederman et. al. 2013).

Solche Designs sind jedoch nicht repräsentativ für naturwissenschaftliches Arbeiten. In manchen Bereichen, wie z.B. der Astro- oder Klimaphysik, werden unkontrollierte, nicht gänzlich bekannte Systeme untersucht, welche nicht experimentell zugänglich sind. Solche Untersuchungen finden oftmals statt, indem relevante Variablen gemessen werden, um mittels statistischer Methoden korrelative Zusammenhänge zwischen diesen festzustellen. Derartige korrelativen Untersuchungen großer Datenmengen sollten durch naturwissenschaftlichen Unterricht ebenfalls repräsentiert werden.

Dieses durch einen design-based research Ansatz geleitete Projekt hat das Ziel, eine Lernumgebung für SchülerInnen (16 – 18 Jahre) zu entwickeln und zu erproben, bei der Lernende die Feinstaubbelastung einer mittelgroßen Stadt (Graz, AUT) anhand eines multivariaten Datensets untersuchen. Dadurch sollen Fähigkeiten im Umgang mit explorativer Datenanalyse trainiert werden. Aktuell entsteht zudem eine adaptierte Version, die in der Ausbildung von Naturwissenschaftslehrkräften eingesetzt werden kann.

Als erster Schritt des Projekts wurde die Lernumgebung mit Studierenden erprobt. Aus der Analyse resultieren Erkenntnisse für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung und für die Weiterentwicklung der Lernumgebung.

Theoretische Grundlagen

Für die Entwicklung der Lernumgebung und die Analyse der Pilotierung wurde ein Prozessmodell nicht-experimenteller statistischer Erkenntnisgewinnung (Abb. 1) theoriebasiert entwickelt. Dieses muss sowohl den Ansprüchen an naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse genügen, und gleichzeitig Besonderheiten statistischer Untersuchungen berücksichtigen. Die Basis dafür bilden ein Teilprozessmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Arnold et al. 2013) und ein Modell statistischen Denkens und Problemlösens (Wild und Pfannkuch 1999). Das erarbeitete Teilprozessmodell der Lernumgebung (Abb. 1) stellt naturwissenschaftlich-statistische Erkenntnisprozesse dar, welche mit der Lernumgebung intendiert sind.

Damit die Lernenden nicht auf statistische Kompetenzen und vertieftes mathematisches Wissen angewiesen sind, wurden zur Entwicklung dieses Teilprozessmodells die Konzepte der explorativen Datenanalyse (EDA) (Tukey 1970) und des „informal inferential reasoning“ (IIR) (z.B. Makar und Rubin 2018) implizit einbezogen. Entsprechend dieser sollen die Lernenden graphische Darstellungsformen der Daten (z.B. Scatterplots, Boxplots, etc.) beschreiben. Daraus sollen sie Schlussfolgerungen ziehen und diese, basierend auf den Graphen und kontextuellem Inhaltswissen, begründen. Diese Konzepte ermöglichen es, statistische Denkweisen und Konzepte bei der Analyse des Datensets mit einzubeziehen, ohne auf formale Methoden der Inferenzstatistik angewiesen zu sein.

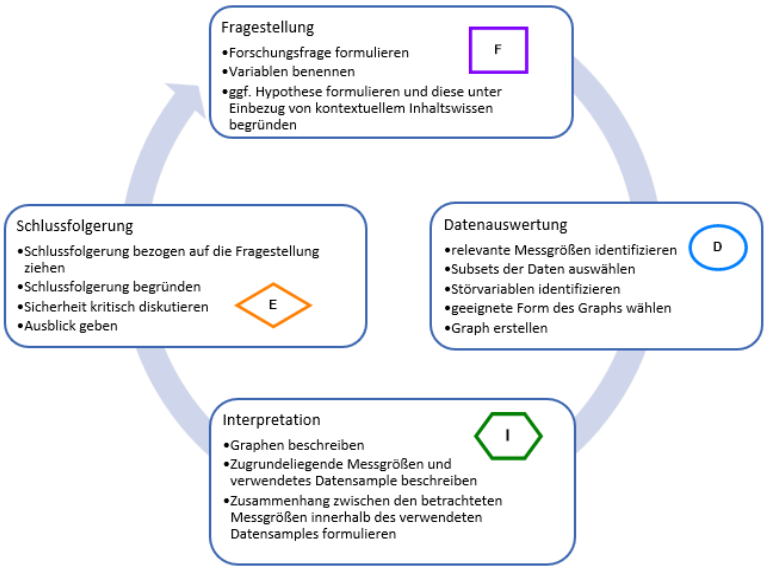


Abb. 1: Teilprozessmodell naturwissenschaftlich-statistischer Erkenntnisgewinnung; Symbole der vier Teilprozesse in den Flussdiagrammen (s. Abb. 2 und Abb. 3.)

Die Erstversion des Lernumgebungsdesigns

Die erste Version der Lernumgebung wurde im Hinblick auf deren Pilotierung mit Physiklehramtsstudierenden (Bachelorniveau) entwickelt. Gleichzeitig war ein wesentliches Kriterium der Gestaltung, dass die Lernumgebung in nur gering veränderter Form im schulischen naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülerinnen und Schülern (Alter 16-18 Jahre) implementiert werden kann.

Der Kern der Erstversion dieser Lernumgebung ist als zweistündige Sequenz für Bachelorstudierende des Lehramts Physik gestaltet, gegliedert in zwei Einheiten (á eine Unterrichtsstunde). Die erste Einheit beinhaltet die Erläuterung des Kontexts Feinstaub und der Datenanalysesoftware. In der zweiten Einheit findet die Intervention statt. Dabei untersuchen die Studierenden in 2er-Teams ungeleitet einen Datensatz zur Feinstaubbelastung der Stadt Graz (AUT). Sie sollen relevante Einflussfaktoren der Feinstaubbelastung untersuchen, und ihren Untersuchungsverlauf in einem vorstrukturierten Prozessprotokoll dokumentieren. Der multivariante Datensatz umfasst Messdaten der Feinstaubkonzentration (PM10) und meteorologische Daten über drei Jahre (2015 – 2017) von drei Grazer Messstationen. Die Daten werden mit der Software TinkerPlots (Konold & Miller 2018) analysiert. Dies ist eine dynamische Datenanalysesoftware zur graphischen Darstellung von Daten, die niederschwellig zugänglich und handhabbar ist. Als Scaffolding steht den Lernenden bei ihren Untersuchungen eine Beschreibung des Datensatzes und einem Factsheet über Feinstaub zur Verfügung.

Design der Pilotierung

Die Lernumgebung wurde mit Bachelorstudierende des Lehramts Physik in zwei Parallelkursen (LV Moderne Medien, 7. Semester) pilotiert ($n_1 = 14$, $n_2 = 18$). Um eine erste Beschreibung der Erkenntnisprozesse der Studierenden zu ermöglichen wurde folgende Forschungsfrage formuliert:

- Welche spezifischen Vorgangsweisen wählen die Studierenden bei ihren Erkenntnis-gewinnungsprozessen in der Intervention?

Um diese Frage zu beantworten wurden die Prozessprotokolle der Studierenden mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring 2010). Die Protokolle wurden in Untersuchungsschritte gegliedert und diese als Teilprozesse der Prozessmodells (vgl. Abb. 1) kategorisiert. Die Darstellung der Untersuchungsverläufe erfolgte in Form von Flussdiagrammen als Abfolge eben dieser Teilprozesse. Jede Kette in einem Flussdiagramm entspricht einer abgeschlossenen Untersuchung (analog zu einem abgeschlossenen klassischen Experiment).

Ergebnisse und Schlussfolgerung

Anhand der Untersuchungsverläufe lassen sich verschiedene allgemeine Formen von Untersuchungen unterscheiden. Bei *zielgerichteten Untersuchungen* legen die Studierenden zu Beginn eine Fragestellung fest, auf welche die nachfolgende Untersuchung ausgerichtet ist. Im Gegensatz dazu deutet sich an, dass bei *explorativen Untersuchungen* Studierende die Daten explorativ untersuchen. Sobald sie in einem Graphen eine Auffälligkeit entdecken, interpretieren sie diesen entsprechend bzw. leiten daraus eine Schlussfolgerung ab. Auffallend ist, dass viele Studierende nicht auf eine dieser beiden Formen beschränken, sondern zwischen diesen im Laufe ihrer Untersuchungen wechseln (Abb. 2).

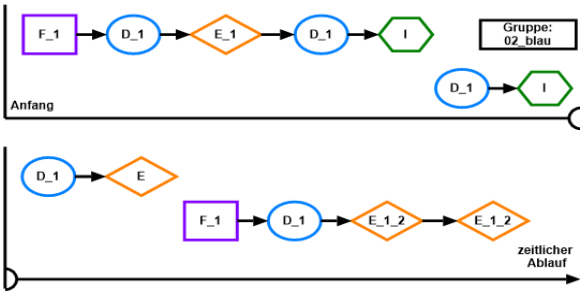
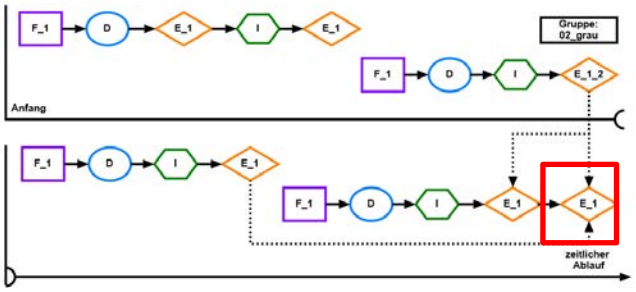


Abb. 2: Wechsel zwischen zielgerichteten und explorativen Untersuchungen

Einige Studierende haben die Ergebnisse bzw. Graphen vorangegangener Untersuchungen mit später erzielten Ergebnissen in Beziehung gesetzt (Abb. 3). In derartigen Fällen wurden die Ergebnisse einzelner Untersuchungen entweder bestätigt oder widerlegt bzw. in Frage gestellt.



„Die Monate Nov. bis Jan. weisen Inversionswetterlagen auf. Das erkennt man im Graph 4. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen mit Graph 2 & 3 wurden hier bestätigt."

Abb. 3: Verknüpfung von Untersuchungen (punktierte Linien); Der Protokollauszug (rechts) korrespondiert mit dem umrahmten Teil des Flussdiagramms.

Ausblick

Die Ergebnisse liefern wichtige Hinweise für die Weiterentwicklung der Lernumgebung. In einer weiteren Umsetzung mit Schülerinnen und Schülern (10. – 11. Schulstufe) wurde die Lernumgebung um eine dritte Einheit erweitert, in der die Lernenden die Ergebnisse ihrer Untersuchungen präsentieren und Feedback von Peers und Lehrkräften erhalten. Neben einer zyklischen Weiterentwicklung dieser Lernumgebung für Schule wird aktuell auch die Erstversion für die Lehramtsausbildung weiterentwickelt, in der die Analyse und Bewertung von naturwissenschaftlichen Argumenten im Vordergrund steht.

Literatur

Arnold, Julia; Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen (2013): Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren– Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In: Dirk Krüger, Annette Upmeier zu Belzen, Philipp Schmiemann, Andrea Möller und Doris Elster (Hg.): Erkenntnisweg Biologiedidaktik. 14. Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, 2012. Bremen / Osterholz-Scharmbeck (11), S. 7–20.

Konold, Clifford; Miller, Craig D. (2018): TinkerPlots. Version 2.3.4: Learn Troop Pty Ltd.

Lederman, Norman G.; Lederman, Judith S.; Antink, Allison (2013): Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. In: International Journal of Education in Mathematics Science and Technology 1 (3), S. 138–147.

Makar, Katie; Rubin, Andee (2018): Learning About Statistical Inference. In: Dani Ben-Zvi, Katie Makar und Joan Garfield (Hg.): International Handbook of Research in Statistics Education. Cham: Springer International Publishing (Springer International Handbooks of Education), S. 261–294.

Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik). Online verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3470001&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm.

Tukey, John W. (1970): Exploratory Data Analysis. Limited preliminary edition. 3 Bände. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Wild, Christopher J.; Pfannkuch, Maxine (1999): Statistical Thinking in Empirical Enquiry. In: International statistical review 67 (3), S. 223–248.

Sandra Golew
Andreas Vorholzer
Justus-Liebig-Universität Gießen

Fächerübergreifender Transfer naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen

Motivation

Der Aufbau von Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (NDAW) ist ein wichtiges fächerübergreifendes Ziel des Biologie-, Chemie- und Physikunterrichts (s. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in KMK 2005a; 2005b; 2005c). In fachdidaktischen Modellierungen von NDAW werden typischerweise mindestens die drei Teilkompetenzen *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln*, *Untersuchungen planen* und *Daten auswerten und interpretieren* unterschieden (z. B. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016; Zfg. in Emden, 2011). Diese Teilkompetenzen finden sich in ähnlicher Weise auch in den Bildungsstandards der Naturwissenschaften. Bezüglich des Aufbaus dieser Teilkompetenzen ist allerdings unklar, ob diese fächerübergreifend oder fachspezifisch aufgebaut werden können. Damit einher geht auch die Frage, inwiefern den Lernenden ein Transfer – d. h. die erfolgreiche Anwendung von in einer Situation aufgebauten (Teil-)Kompetenzen in einer neuen Situation (vgl. Brand et al., 2007; Wünnemann, 2012) – dieser Teilkompetenzen zwischen verschiedenen Naturwissenschaften gelingt. Für das Gelingen eines fächerübergreifenden Transfers von NDAW bzw. für den fächerübergreifenden Aufbau dieser spricht die Annahme, dass es sich bei diesen Kompetenzen um bereichsspezifische aber „über ähnliche Situationen generalisierbar[e]“ (Hartig & Klieme, 2006, S. 129) Fähigkeiten und Fertigkeiten handelt. Gleichzeitig ist aber auch davon auszugehen, dass die erfolgreiche Entfaltung von NDAW fach- bzw. kontextspezifisches Vorwissen erfordert (vgl. Hamman, Phan & Bayrhuber, 2007). Aus dem skizzierten Spannungsfeld ergibt sich die erste Forschungsfrage (FF):

FF 1: Inwiefern gelingt es Schüler*innen eine in einer Naturwissenschaft aufgebaute Teilkompetenz der NDAW auf andere naturwissenschaftliche Fächer und in andere fachspezifisch Kontexte zu transferieren?

Im Sinne der Bildungsstandards sollen die NDAW als Teil naturwissenschaftlicher Bildung den Schülerinnen und Schüler (S*S) u. a. „eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2005c, S. 6) ermöglichen. Somit stellt sich zudem folgende Frage:

FF 2: Inwiefern gelingt S*S der Transfer der drei Teilkompetenzen auf alltägliche Situationen?

Methodisches Vorgehen

Den Ausgangspunkt der Studie bildet der Projekttag eines Oberstufengymnasiums, an dem S*S in biologischen, chemischen und physikalischen Kontexten jeweils ausgewählte Teilkompetenzen der NDAW aufbauen sollen (*Fragestellungen und Hypothesen entwickeln* in Chemie, *Untersuchungen planen* in Biologie und *Daten auswerten und interpretieren* in Physik). Die am Projekttag eingesetzten Lernmaterialien wurden in Kooperation mit den Autor*innen entwickelt, die Umsetzung und Durchführung des Projekttags erfolgte jedoch ausschließlich durch die Lehrkräfte der Schule. Ca. 18 Wochen nach dem Projekttag wurden die S*S, die am Projekttag teilgenommen haben, aufgefordert, ein von uns entwickeltes Testinstrument zu bearbeiten, das die drei Teilkompetenzen der NDAW erfasst. Um zu untersuchen, inwiefern den S*S der Transfer der Teilkompetenzen zwischen den Fächern gelingt (FF1), wurden drei Varianten des Testinstruments (Testheft A, B und C) mit

parallelisierten Aufgaben entwickelt, die sich nur in der kontextuellen Einkleidung unterscheiden (vgl. Abb. 1):

- Testheft **A** enthält Aufgaben, die die drei Teilkompetenzen in den **gleichen Fachkontexten** prüfen, in denen sie am Projekttag aufgebaut wurden (z. B. „Redoxreaktionen“ in Chemie, in denen Fragestellungen entwickelt werden sollten; „Fallbewegungen“ in Physik, in denen zwischen Beobachtung und Deutung unterschieden werden sollte).
- Testheft **B** enthält die gleichen Aufgabenstellungen wie Testheft A (z. B. „Formulieren Sie eine Fragestellung zu…“), die Aufgaben sind jedoch in einen **neuen Kontext aus dem gleichen Fach** eingekleidet (z. B. wurde der chemische Kontext „Redoxreaktionen“, mit dem chemischen Kontext „Neutralisation“ ersetzt).
- Testheft **C** enthält die gleichen Aufgabenstellungen wie die Testhefte A und B, nutzt jedoch jeweils **Kontexte aus einem anderen Fach**, indem die entsprechende Teilkompetenz am Projekttag *nicht* aufgebaut wurde (z. B. wurde der physikalische Kontext „Fallbewegungen“ mit dem chemischen Kontext „Neutralisation“ ersetzt).

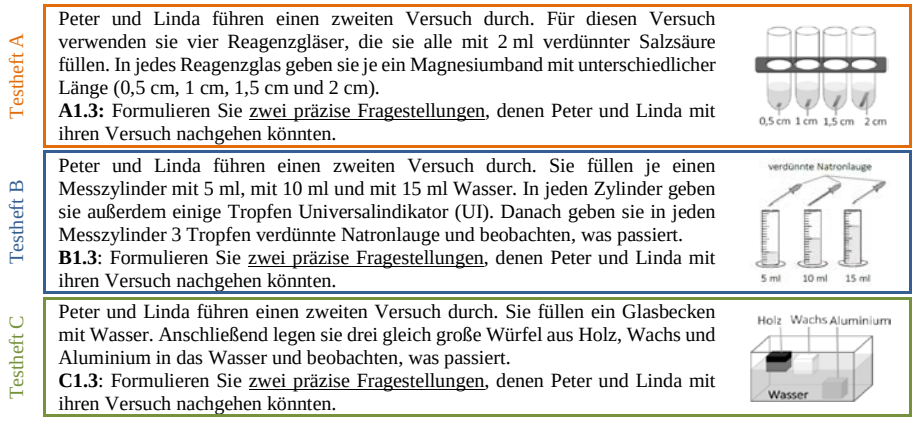


Abb. 1: Beispiel für parallelisierte Aufgaben

Zusätzlich zu den Items aus verschiedenen fachlichen Kontexten enthält jedes Testheft zwei in allen Heften identische Aufgaben aus einem alltäglichen Kontext, um zu untersuchen, inwiefern den S*S der Transfer auf solche Kontexte gelingt (FF2). Die Testhefte beinhalteten jeweils Aufgaben zum Identifizieren, Anwenden und Angeben von Regeln zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten. Die Aufgaben zum Identifizieren sind geschlossen, alle weiteren Aufgaben offen formuliert. Die Bearbeitung der Testhefte dauerte ca. 30 Minuten und fand im regulären Physikunterricht statt. Die drei Varianten des Testheftes wurden randomisiert an alle S*S verteilt, die am Projekttag teilgenommen haben und am Tag der Testung anwesend waren. Da jedoch nicht alle S*S einer Auswertung der Daten zugestimmt haben, variiert die tatsächliche Größe der Gruppen, die die verschiedenen Testhefte bearbeitet haben (Gruppe A: $N = 58$, Gruppe B: $N = 65$, Gruppe C: $N = 38$).

Um zu untersuchen, inwiefern in einem Fach und Kontext aufgebaute NDAW auf andere Kontexte bzw. Fächer transferiert werden, wurde der mittlere Gesamtscore aller S*S einer Gruppe ermittelt und anschließend ein paarweiser Vergleich zwischen den Gruppen mit einem Whitney-U-Test durchgeführt. Diesem Vergleich liegt die Annahme zu Grunde, dass durch die randomisierte Zuordnung von S*S zu Testheften die Ausprägungen der Teilkompetenzen in allen drei Gruppen (A, B, C) gleich verteilt sind. Zusätzlich zum Vergleich des Gesamtscores der Gruppen wurde analysiert, ob sich Unterschiede zwischen den Aufgaben zu den Teilkompetenzen zeigen.

Ergebnisse

Insgesamt haben die S*S in allen Gruppen einen relativ hohen Gesamtscore erreicht (*MW:* 17.15, *SD:* 3.79, maximaler Score 25 Punkte). Zwischen den Gesamtscores der Gruppen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (Z_{AB} = -1.86, p = .06, r = .18; Z_{AC} = -1.55, p = .12, r = .16; Z_{BC} = -0.01, p = .99, r = .00; vgl. Abb. 2).

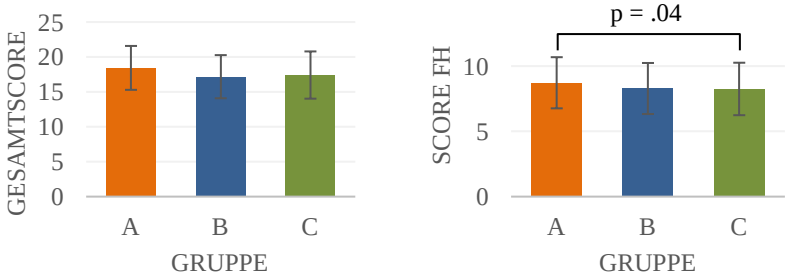


Abb. 2: Mittlerer Gesamtscore der Gruppen A, B und C (links) und mittlerer Score der Gruppen zur Teilkompetenz Fragestellungen und Hypothesen (FH) entwickeln (rechts). Fehlerbalken: + / - 1 Standardabweichung.

Bei der Betrachtung der Aufgaben zu den einzelnen Teilkompetenz zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und C für die Teilkompetenz *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln*. Die Aufgaben wurden im Kontext „Schwimmen und Sinken“ (Gruppe C) weniger häufig richtig gelöst als im Kontext „Redoxreaktionen“ (Gruppe A). Dieser Unterschied ist auf einem 5 %-Niveau signifikant und entspricht einem kleinen Effekt ($Z_{FH(AC)}$ = -2.02, p = .04, r = .21; vgl. Abb. 2). Es finden sich keine weiteren signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen den Gruppen A, B und C. Die beiden in allen Testheften identischen Aufgaben, die in einen alltäglichen Kontext eingebettet sind, wurden relativ häufig richtig gelöst (*MW: 2.12 ± 1.69;* maximaler Score 3 Punkte).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass den S*S der Transfer der untersuchten Teilkompetenzen der NDAW auf andere Kontexte und Fächer überwiegend gelingt. Sie liefern zudem erste Hinweise darauf, dass ein fächerübergreifender Aufbau von Kompetenzen zu NDAW grundsätzlich möglich ist. Einen signifikanten Unterschied gab es bei Betrachtung der Teilkompetenz *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln* zwischen den Gruppen A und C. Dies könnte ein erster Hinweis darauf sein, dass den S*S der Transfer dieser Teilkompetenz zwischen den Fächern schwerer fällt als der Transfer der anderen Teilkompetenzen. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass das Formulieren von Fragen und Hypothesen vergleichsweise stark vom Vorwissen abhängt (vgl. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Mayer et al., 2008; Wellnitz, 2017). Da die Aufgaben sich jedoch nicht nur in der Teilkompetenz, sondern auch im Kontext und Aufgabenformat unterscheiden, müsste dies in zukünftigen Untersuchungen noch einmal systematisch geprüft werden.

Die Ergebnisse zum Transfer in den Alltag liefern erste Hinweise darauf, dass die S*S in der Lage sind, einen solchen Transfer zu leisten. Zu klären bleibt allerdings, ob dieser Transfer auch dann gelingt, wenn die S*S nicht durch vorherige Aufgaben „gepromptet“ werden, sondern NDAW von sich aus nutzen müssen, z. B. um die Aussagekraft einer in den Medien gezeigten Studie einzuschätzen. Im weiteren Verlauf des Projekts soll der Fokus verstärkt darauf gerichtet werden, zu untersuchen, inwiefern S*S ein solcher *eigenständiger* Transfer von NDAW in alltägliche Kontexte gelingt und von welchen Situations- und Personenmerkmalen das Gelingen dieses Transfers abhängt.

Literatur

Brand, S., Reimer, T. & Opwis, K. (2007). How do we learn in a negative mood? Effects of a negative mood on transfer and learning. *Learning and Instruction 17*(1), 1–16.

Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 118). Berlin: Logos.

Hamman, M., Phan, T. T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (S. 33-49). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127-143). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt Hrsg.). Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – *Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 178-186). Berlin: Springer.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biololgie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.

Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C., Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 25-41.

Wellnitz, M., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 20*(4), 556-584.

Wünnemann, M. (2012). *Bedingungen von Transfer beim Lernen von Gleichgewichtsaufgaben*. Dissertation, Universität Paderborn. Paderborn.

Arndt, Laura[1]
Billion-Kramer, Tim[1]
Wilhelm, Markus[2]
Rehm, Markus[1]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[2]Pädagogische Hochschule Luzern

Ist eine Erweiterung des Konstrukts NOS zu NOSIS sinnvoll? «Nature of Whole Science» versus Konsenslisten: Dekonstruktion von Emergenz?

Die Schnelllebigkeit der globalisierten Gesellschaft durch stetig zunehmende Wissensstände und die rasante Wissensverbreitung über digitale Medien bedingen ein Umdenken in der Bildung zukünftiger Generationen (Harari, 2018). Prognosen gesellschaftlicher Entwicklungen werden durch die Zunahme an Komplexität vage und abstrakt. Resultierend wachsen auch Unsicherheiten in den individuellen Lebensbedingungen, deren Handhabung allein durch „Wissen“ nicht mehr zu bewältigen ist (Höttecke, 2019). Vor diesem Hintergrund entwickelt sich der Begriff „Zukunftskompetenzen“ (OECD, 2019) zu einem Schlüsselbegriff. Auch naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*), die zur „aktive[n] Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2004, p. 6) befähigen soll, hat das Potenzial Zukunftsfähigkeit zu fördern (Arndt, Billion-Kramer, & Wilhelm, M. & Rehm, M., 2019). Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und Naturwissenschaftsdidaktiker scheinen den zunehmenden Bedarf an der Beteiligung der Partizipationssicherung wahrnehmen zu wollen, was nicht zuletzt das Motto der diesjährigen Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik bekundet: „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“.

Vor diesem Hintergrund wird verstärkt die Frage gestellt, wie ein naturwissenschaftlicher Unterricht diese zur Partizipation befähigende naturwissenschaftliche Grundbildung erreichen soll (Höttecke, 2019). Eine unter anderen Möglichkeiten besteht in der Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses, welches auf Ansichten zur Natur der Naturwissenschaft (*Nature of Science*, NOS) basiert (Fischler, Gebhard, & Rehm, 2018). Mit diesem (meta)kognitiven Grundgerüst wird es Bürgerinnen und Bürgern ermöglicht öffentlich präsentierte naturwissenschaftliche Problemstellungen, Erkenntnisse und deren Genese nachzuvollziehen sowie zugrundeliegende Interessen, gesellschaftliche Wechselwirkungen und Folgen zu hinterfragen (Allchin, in Druck; Arndt et al., 2019). Denn erst wenn naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und die Verwertung ihrer Erkenntnisse verstanden sind, kann die jeweilige Rechtfertigung, Aussagekraft und Glaubwürdigkeit eingeschätzt werden (Allchin, in Druck; Moll, Pieschl, & Bromme, 2017).

Diese Herausforderungen sind gesellschaftlicher Natur, geht es doch letztendlich darum Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit zu sichern (Arndt et al., 2019). Sollen Schule und Unterricht hierzu einen Beitrag leisten, kann das Konstrukt NOS für den naturwissenschaftlichen Unterricht fruchtbar gestaltet werden. Wie NOS curricular in bestehende und zukünftige Bildungspläne aufgenommen werden soll, ist letztlich offen. Denn unklar ist, wie die theoretischen Grundlagen des Konstrukts NOS modelliert und konzeptualisiert werden sollen, was die Basis der NOS-Vermittlung bildet. Obwohl sich die deutschsprachige fachdidaktische Forschung seit vielen Jahren auf den NOS-Bereich fokussiert (Heering & Kremer, 2018) und der zugehörige Kompetenzbereich der *Erkenntnisgewinnung* verstärkt in den Blick genommen wird, zeigt sich für Deutschland

weiterhin ein grobe Vernachlässigung des Lernbereichs NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Ergebnisse der PISA-Studie von 2015 zeigen, dass das Wissenschaftsverständnis (dort als *epistemologische Überzeugungen* benannt) von deutschen Schülerinnen und Schülern unangemessen ist: Die Zustimmung zur Aussage, dass „Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Meinung über das, was in den Naturwissenschaften wahr ist, manchmal ändern", lag in Deutschland beispielsweise bei nur 65% - dem gegenüber zeigt der OECD-Durchschnitt 80% Zustimmung (OECD, 2016a; OECD, 2016b, p. 9). Die Diskrepanz zwischen der (gesellschaftlichen) Zielorientierung naturwissenschaftlicher Bildung und der Wirkung auf Schülerseite bedingt gleichzeitig die aus dem angloamerikanischen übernommene und etablierte NOS-Modellierung zu überdenken (Arndt et al., 2019).

Diese etablierte NOS-Modellierung erfolgt über einen Minimalkonsens, der ideelle, naturwissenschaftliche Basisprinzipien auflistet (Lederman, Abd-El-Khalick, & Bell, R. L. & Schwartz, R. S., 2002; McComas, W. F. & Olson, J. K., 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, & Millar, R. & Duschl, R., 2003). Sie geraten im fachdidaktischen Diskurs zunehmend in die Kritik (Heering & Kremer, 2018). Vertreter*innen alternativer NOS-Modellierungen kritisieren, dass eine Auflistung von dekontextualisierten und idealisierten Basisprinzipien (naturwissenschaftlicher) Forschung lediglich deklaratives Wissen fördere, welches das Wesen von Naturwissenschaft nicht in Gänze erfassen könne und somit die Ziele naturwissenschaftlicher Grundbildung verfehle (Allchin, in Druck; Allchin, 2012; Eduran, S. & Dagher, Z. R., 2014; Irzik, G. & Nola, R., 2014). Alleinig das Vermögen die Definition einer Theorie der eines Gesetzes gegenüberzustellen, befähigt noch nicht im gesellschaftlichen Diskurs begründet Stellung zu beziehen - explizit wird diese Perspektive, wenn lebensweltliche Beispiele hinzugezogen werden:

> „(…) the best way to disarm criticism of evolution as "merely a theory" may not be by clarifying the meaning of the term "theory," but rather by rendering the whole discussion moot by redirecting focus to the robustness of the evidence. (Allchin, 2011, 523-524)".

Zudem weisen einzelne Basisprinzipien scheinbare Widersprüche zueinander auf, werden sie dekontextualisiert betrachtet – einerseits ist naturwissenschaftliches Wissen empirisch, andererseits sozial-kulturell geprägt (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002a). Aus der Laienperspektive sind diese Sachverhalte nicht miteinander vereinbar. Erst wenn das Wirken der Naturwissenschaft im gesellschaftlichen Kontext betrachtet wird, ihre Eigenschaften multiperspektivisch aufeinander bezogen werden – Naturwissenschaft als Ganzes betrachtet wird – werden diese Widersprüche aufgelöst (Allchin, in Druck; Allchin, 2011; Allchin, 2012): Aus der Laienperspektive sollte NOS vor allem als soziale und kommunikative Praxis verstanden werden (Höttecke, 2019). Diese Praxis nutzt empirische Erkenntnisgewinnung, die jedoch im gesellschaftlich eröffneten Feld von Werten vollzogen wird – ein Wechselspiel von normativer Rahmensetzung und empirischer Denk- und Arbeitsweise. Folglich kann ein Minimalkonsens, der sich aus einer Liste von Basisprinzipien zusammensetzt, zwar als Orientierungshilfe dienen, nicht jedoch zur Vermittlung eines kontextualisierten und gesellschaftlich bezogenen *funktionalen* Verständnis von Naturwissenschaft (Allchin, in Druck; Arndt et al., 2019). Der Whole-Science-Ansatz von Allchin als alternative NOS-Modellierung beansprucht für sich Naturwissenschaft als Ganzes abzubilden und gesellschaftliche Wechselwirkungen und Folgen explizieren zu können. Das hiermit geförderte funktionale Verständnis von Naturwissenschaft ermögliche erst eine umfassende naturwissenschaftliche Grundbildung, in der durch gut fundierte Analyse gesellschaftsrelevanter naturwissenschaftlicher

Problemstellungen persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen getroffen werden können (Allchin, in Druck; Allchin, 2011; Allchin, 2012).

Die Kritik der NOS-Modellierungen verläuft bidirektional, in Abb. 1 wird dieser Konflikt zusammengefasst. Es gibt bisher keine validen Instrumente zur Erfassung des Wissenschaftsverständnis im Sinne von *Whole Science* (Allchin, 2011; Heering & Kremer, 2018; Schwartz & Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F., 2012). Die holistische Vermittlung und Erfassung von *Whole Science* scheitert sowohl an der Beschreibung eines zugrundeliegenden Konstruktes als auch an der derzeitigen, unbefriedigenden Befundlage. Die Schwierigkeit der Entwicklung eines zeitökonomischen Messinstruments (Schwartz & Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F., 2012) scheint seit mehreren Jahren unüberwunden.

Es bedarf empirischer Hinweise zur Klärung des theoretischen Konfliktes (siehe Abb. 1): Geht mit der Abstraktion von NOS-Eigenschaften mittels Konsenslisten der holistische Charakter von Naturwissenschaft verloren bzw. stellt der holistische Charakter von Naturwissenschaft mehr dar als die Summe ihrer Eigenschaften? Hierzu soll der auf Einzelfacetten beruhende EKoL-NOS-Vignettentest (Billion-Kramer, Lohse-Bossenz, Dörfler, & Rehm, 2018) um weitere Whole-Science Vignetten erweitert werden. Die Whole-Science Vignetten sind so konstruiert, dass diverse wechselwirkende NOS-Themen in einem historisch-naturwissenschaftlichen Fallbeispiel mit gesellschaftlicher Kontextualisierung eingebettet sind. Zudem weisen die zugehörigen Items miteinander verwobene NOS-Themen auf, die real-gelebte naturwissenschaftliche Praxis abbilden. Vignetten scheinen dabei ein geeignetes Erhebungsformat darzustellen, da sie situiert sind und die Komplexität des Whole-Science Ansatzes abbilden könnten (Forster-Heinzer & Oser, 2015; Rutsch, Rehm, Vogel, & Seidenfuß, M. & Dörfler, T., 2017). Auf diese Weise soll geklärt werden, ob sich die zugrundeliegenden NOS-Konstrukte unterscheiden und welche Dimensionalität zwischen Einzelaspekten und holistischen NOS-Themen vorliegt.
Ein Beispiel für eine Whole-Science-Vignette können Sie dem Poster entnehmen.

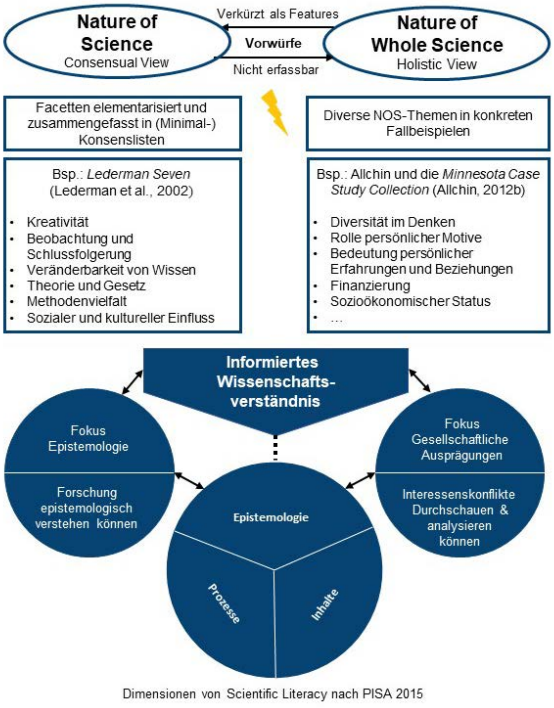


Abbildung 1: Zusammenfassung des theoretischen Konfliktes zwischen Consensual und Holistic View.

Literatur

Allchin, D. (in Druck). From Nature of Science to Nature of Science-in-Society.

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education, 95*, 518-542.

Allchin, D. (2012). Towards clarity on whole science and KNOWS. *Science Education, 96*(4), 693–700.

Arndt, L., Billion-Kramer, T., & Wilhelm, M. & Rehm, M. (2019). Antinomien der Naturwissenschaft: Chance zum produktiven und reflektierten Meinungsbildungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ChemKon, Advance online publication,* from https://doi.org/10.1002/ckon.201900020.

Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (Eds.). September 2018. *Validierung des Nature of Science-Vignettentests EKoL-NOS.*

Eduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education.: Scientific knowledge, practices and other family categories.* New York: Springer.

Fischler, H., Gebhard, U., & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 11–29). Berlin: Springer Spektrum.

Forster-Heinzer, S., & Oser, F. (2015). Wer setzt das Mass?: Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Advokatorischen Ansatz. *Zeitschrift für Pädagogik, 61*(3), 361–376.

Harari, Y. N. (2018). *21 Lektionen für das 21. Jahrhundert.* München: C. H. Beck.

Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 105–119). Berlin: Springer Spektrum.

Höttecke, D. (2019, September 11). *Bewerten in einer Welt aus Filterblasen, Echokammern und Fake News.* Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.,

Irzik, G. & Nola, R. (2014). New directions for the nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999–1021). Dordrecht: Springer.

KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss.* München: Luchterhand Verlag.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners‘ conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(6), 497–521.

McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standard documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer.

Moll, R., Pieschl, S., & Bromme, R. (2017). Whoever will read it - The overload heuristic in collective privacy expectations. *Computers in Human Behavior, 75*, 484–493.

OECD (2016a). *PISA 2015: Ergebnisse im Fokus.* Retrieved October 10, 2019, from http://www.oecd.org/berlin/themen/pisa-studie/PISA_2015_Zusammenfassung.pdf.

OECD (2016b). *Programme for international student assessment (PISA): PISA 2015 Ergebnisse*. Ländernotiz Deutschland, from http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-Germany-DEU.pdf.

OECD (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: Conceptual learning framework,* from http://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030_concept_note.pdf.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., & Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “Ideas about Science” should be taught in school science?: A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(7), 692–720.

Rutsch, J., Rehm, M., Vogel, M., & Seidenfuß, M. & Dörfler, T. (Eds.) (2017). *Modellierung der Testletstruktur bei vignetten-Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung.: Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen.* Wiesbaden: Springer.

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin’s whole approach to assessing nature of science understandings. *Science Education, 96*, 685–692.

Henning Krake Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Entwicklung eines PCK-Tests zum experimentgestützten Chemieunterricht

Ziel

Ziel des Projekts ist es, die Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zu evaluieren, die auf die Optimierung der Qualitätsmerkmale von experimentgestütztem Chemieunterricht fokussiert.

Theoretischer Hintergrund

Die erziehungswissenschaftliche Forschung zur Unterrichtsqualität weist im Wesentlichen allgemeine bzw. fachunspezifische Unterrichtsmerkmale aus, die positiv mit den gemessenen Leistungs-, Interessens-, und Einstellungsvariablen der Schülerinnen und Schüler korrelieren (Clausen, 2002; Helmke, 2006). Aus der fachdidaktischen Forschung liegen für den Chemie- und Physikunterricht Erkenntnisse vor, dass hier insbesondere Merkmale der Zielorientierung, wie das Explizieren von Lernzielen und die Sequenzierung von Unterricht in überschaubare und aufeinander aufbauende Einheiten wichtig sind (Seidel et al., 2006). Aber auch Merkmale des Erkenntnisgewinnungsprozesses mit Hilfe von Experimenten, wie Entwicklung von Fragestellungen und selbstständige Versuchsplanung, wirken auf den Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern (Schulz, 2011). Tesch und Duit (2004) konnten zeigen, dass die Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler positiv mit der Gesamtdauer der Experimentalphase korreliert, nicht aber mit der Dauer der Versuchsdurchführung. Das legt den Schluss nahe, dass für den Lernzuwachs eine strukturierte Einbettung mit entsprechender Vor- und Nachbereitung des Experiments notwendig ist. Aus den zuvor genannten Videostudien (Schulz, 2011; Seidel et al., 2006; Tesch & Duit, 2004), die im regulären Unterricht an deutschen Schulen angefertigt wurden, lässt sich ableiten, dass die auf ein Lernziel bezogene Strukturierung nach sachlogisch-inhaltlichen und funktional-lernprozessorientierten Gesichtspunkten, die auch als Sequenzierung bezeichnet werden kann, eine zentrale Rolle spielt. Insgesamt waren aber die Ausprägungen der entsprechenden Merkmale auf mittlerem Niveau (Schulz, 2011) bzw. noch darunter, sodass für den Chemie- und Physikunterricht in Deutschland auch im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, wie z. B. Finnland oder die Schweiz, diesbezüglich ein Entwicklungsbedarf zu bestehen scheint (Börlin & Labudde, 2014).

Die oben angesprochene Entwicklung des Unterrichts mit Hinblick auf die Qualitätsmerkmale findet aber nicht von allein statt, sondern es müssen im Rahmen der zweiten und auch weiterhin in der dritten Phase der Lehrerbildung Lerngelegenheiten für diese Thematik geschaffen werden. Um an dieser Stelle eine fortlaufende Professionalisierung von Lehrkräften in der dritten Phase zu erreichen, muss nach Radtke (1996) das Handeln u. a. mit fachdidaktischem Wissen vernetzt und weiterentwickelt werden. Schmitt (2016) konnte im Rahmen einer eintägigen Fortbildung zur Förderung des experimentgestützten Erkenntnisgewinnungsprozesses zeigen, dass diese zu kurz- und mittelfristigen Veränderungen in der Einstellung der Lehrerinnen und Lehrern gegenüber dem Fortbildungsinhalt wie auch im fachdidaktischen Wissen zu Experimenten führt. Auch das Coaching mit Videomaterial aus dem eigenen Unterricht der Lehrkräfte hat sich in mehreren Studien bewährt (Schulz, 2011; Seidel et al., 2006; Trendel, Wackermann & Fischer, 2007). Schulz (2011) konnte unter quasi-experimentellen Bedingungen in einem stundenspezifischen Einzelcoaching, in dem Videos aus dem Unterricht der jeweiligen Lehrkräfte Anwendung fanden, zeigen, dass dieses bei erneuter Durchführung zu einer verstärkten Merkmalausprägung und in Folge auch zu einem höheren Lernzuwachs bei den Schülerinnen und Schülern führt. Die Lernwirksamkeit eines unterrichtsthemenspezifischen Coachings zu

Qualitätsmerkmalen experimenteller Phasen auf der Handlungsebene der Lehrerinnen und Lehrer und auf der kognitiven und affektiven Ebene der Schülerinnen und Schüler ist demnach belegt.
Ungeklärt ist bisher, ob diese Effekte in Bezug auf die Qualitätsmerkmalsausprägung auch im Rahmen einer nicht unterrichtsthemenspezifischen Gruppenfortbildung erreicht werden können.

Forschungsfragen
Aus dem Ziel und dem theoretischen Hintergrund des Projekts lässt sich folgende Forschungsfrage für die Hauptstudie ableiten:
Führt eine Lehrerfortbildung, die auf die Qualitätsmerkmale von Chemieunterricht mit experimentellen Phasen fokussiert, bei den teilnehmenden Lehrkräften zu Veränderungen der epistemischen Überzeugungen, des fachdidaktischen Wissens und des unterrichtspraktischen Handelns?
Um diese beantworten zu können, müssen zunächst geeignete Testinstrumente entwickelt und pilotiert werden. Daraus ergibt sich für die Pilotierung folgende Forschungsfrage:
Sind die entwickelten Instrumente objektiv, reliabel und valide zur Messung der epistemischen Überzeugungen und des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte?

Methoden und Design der Pilotstudie
Zur Erfassung der Lehrerkognition wurden zwei Testinstrumente eingesetzt, ein Instrument zu epistemischen Überzeugungen und eines zum fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte zu Experimenten und deren methodischer Umsetzung.
Für das Instrument zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens wurden 26 Items mit je vier Aussagen in Anlehnung an Tepner & Dollny (2014) konstruiert. Jede dieser Aussagen musste auf einer vierstufigen Likert-Skala bewertet werden. Zusätzlich erfolgte eine Validierung der Items zum fachdidaktischen Wissen durch ein Expertenrating, in dem Hochschullehrende der Chemiedidaktik um ihre Einschätzung gebeten wurden.
Für das Instrument zu den epistemischen Überzeugungen wurden 17 Items mit jeweils einer Aussage aus dem Instrument von Lamprecht (2011) ausgewählt und adaptiert. Dabei wurden die Items ausgewählt, die er für eine Zuordnung der Lehrkräfte zu einem der drei Überzeugungstypen (Training, Diskursiv, Vermittlung) genutzt hat (Lamprecht, 2011). Jede Aussage musste auf einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet werden.
Die Lehrkräfte der Pilotierungsstichprobe (N = 23) wurden online mittels LimeSurvey mit einer festen Reihenfolge der Items getestet. Dabei wurden nach einem Demographieteil zunächst Items zum fachdidaktischen Wissen und dann die Items zu den Überzeugungen abgefragt. Die Probanden mussten jede Aussage bewerten (forced-choice) um fortfahren zu können.

Ergebnisse der Pilotstudie
Im Test zum fachdidaktischen Wissen ergibt sich für das Expertenrating (N = 3) bei Nutzung einer vierstufigen Likert-Skala nur eine mittelmäßige Übereinstimmung (κ_{Fleiss} = .45), gemessen auf Aussagenebene über alle 104 Aussagen. Bei einer dichotomen Kodierung, bei der die beiden (eher) zustimmenden und die beiden (eher) ablehnenden Abstufungen zusammengefasst wurden, verbessert sich die Interraterreliabilität (κ_{Fleiss} = .67) unter Einbeziehung aller Aussagen. Durch Eliminierung der Aussagen, bei denen das Expertenrating sehr breit streute, konnte die Interraterreliabilität bei den übrig gebliebenen 72 Aussagen für die vierstufige Kodierung verbessert (κ_{Fleiss} = .62) und für die dichotome Kodierung eine gute Interraterreliabilität erreicht werden (κ_{Fleiss} = .91), ohne die Validität des Messinstruments substanziell zu senken.

Die Ergebnisse der befragten Lehrkräfte ($N = 23$) wurden einer Rasch-Skalierung unterzogen. Unabhängig von der einbezogenen Anzahl der Aussagen und der Art der Kodierung ergibt sich aber eine unzureichende EAP-Reliabilität ($Rel_{EAP} < .60$).
Für das Testinstrument ergibt sich in der Datenanalyse ein zweidimensionales Model (vgl. Tabelle 1). Die erste Dimension bilden zehn Items zum Chemieunterricht, die zweite sieben Items zum Lernen von Chemie in der Schule.

Tabelle 1: Vergleich des ein- und zweidimensionalen Models

Model	Deviance	AIC	chisq	df	p
eindimensional	936.62	1199.99	33.96	2	0
zweidimensional	902.66	1172.31			

Für die beiden Dimensionen ergeben sich mittlere bis gute EAP-Reliabilitäten und akzeptable Infit-Werte. Dabei ist auffällig, dass die Varianz zwischen den beiden Dimensionen stark unterschiedlich groß ist (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: EAP-Reliabilitäten, Varianzen und Infit-Werte für die beiden Dimensionen

Dim1: Chemieunterricht			Dim2: Lernen von Chemie in der Schule		
Rel_{EAP}	Varianz	Infit	Rel_{EAP}	Varianz	Infit
.862	2.325	0.58 – 1.24	.602	0.162	0.86 – 1.50

Konsequenzen für die Hauptstudie
Bis zum Einsatz in der Hauptstudie ist eine Erhöhung der Stichprobengröße sowohl für die Experten wie auch bei den Lehrkräften erforderlich, da einzelne (schlechte) Kennwerte der Test möglicherweise auch mit der geringen Stichprobengröße zusammenhängen. Zudem wird geprüft, ob es sich bei dem Konstrukt, das dem Testinstrument zum fachdidaktischen Wissen zugrunde liegt, gegebenenfalls um ein mehrdimensionales handelt. In jedem Fall ist eine Überarbeitung des Instruments zum fachdidaktischen Wissen zwingend erforderlich und für das Instrument zu den epistemischen Überzeugungen mindestens angeraten. Möglicherweise bieten die Performanztests zur Planung und Reflexion von Unterricht aus dem Projekt ProfileP+ (Kulgemeyer et al., 2019) hier eine Alternative zum hier dargestellten Test zur Überprüfung des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte.

Ausblick auf die Hauptstudie
Die eintägige Fortbildungsmaßnahme mit insgesamt sechs Stunden Interventionszeit besteht aus einem instruktionalen und einem praktischen Teil, bei dem Videos aus dem eigenen Unterricht der teilnehmenden Lehrkräfte zum Einsatz kommen. Zur Evaluation der Wirksamkeit der Lehrerfortbildung werden Daten zu den vier Ebenen der Wirksamkeit nach Lipowsky (2010) erhoben.
Die erste ist die affektive Ebene der Lehrkräfte. Sie wird im Rahmen des Projekts aus den Reaktionen und Einschätzungen der Lehrkräfte zur Fortbildung und deren Inhalt gebildet und durch einen Fragebogen nach Schmitt (2016) erhoben.
Die zweite Ebene betrifft die Erweiterung der Lehrerkognition. Sie wird in diesem Rahmen aus den epistemischen Überzeugungen und als fachdidaktisches Wissen zu Experimenten und deren methodischer Umsetzung als Teile professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2011) gebildet.
Das unterrichtspraktische Handeln der Lehrkräfte auf der dritten Ebene wird auf Grundlage der Videoanalyse zweier Unterrichtsstunden (prä-post) bewertet. Dabei kommt das Kategoriensystem zum Einsatz, das von Schulz (2011) entwickelt und verwendet wurde.
Auf der vierten Ebene werden die Effekte auf Schülerinnen und Schüler als Wahrnehmung der Unterrichtsqualität mittels Fragebogen (Schulz, 2011) erhoben.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 29–54). Münster: Waxmann.

Börlin, J., & Labudde, P. (2014). Practical Work in Physics Instruction: An Opportunity to learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann, & J. Viiri (Hrsg.), Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Switzerland and Germany (S. 111–128). Münster: Waxmann.

Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 29). Münster: Waxmann.

Helmke, A. (2006). Was wissen wir über guten Unterricht? Über die Notwendigkeit einer Rückbesinnung auf den Unterricht als dem "Kerngeschäft" der Schule (II.Folge). Zeitschrift für Pädagogik, 58 (2), 42-45.

Kulgemeyer, C., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik. Zeitschrift für Pädagogik, 71 (4), 473-492.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz: Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. Berlin: Logos.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung (S. 51-72). Münster: Waxmann.

Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), Handbook of research on teaching (S. 1031–1065). Washington, DC: AERA.

Radtke, F.-O. (1996). Wissen und Können – die Rolle der Erziehungswissenschaft in der Erziehung. Opladen: Leske + Buderich.

Schmitt, A. K. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos.

Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. Berlin: Logos.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Schmidt, K., Kobarg, M., & Herweg, C., Dalehefte, I. M. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen: Eine Videostudie im Physikunterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua. Münster: Waxmann.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 7-28.

Tepner, O., & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 311–323). Berlin: Springer.

Timo Fleischer
Lisa Virtbauer
Alexander Strahl

Universität Salzburg

Experimente im NAWI-Unterricht
Kompetenzen angehender Lehrkräfte

Einstellungen zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Obwohl das Experiment als substantieller Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen wird, gibt es viele unterschiedliche Sichtweisen, was unter einem (Schul-)Experiment zu verstehen ist (Höttecke & Rieß, 2015). Damit einhergehend stellt sich auch die Frage, welche Einstellungen z.B. (angehende) Lehrkräfte zum Einsatz von Experimenten in den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie sowie Physik aufweisen. Um dies zu beantworten, wurden die Einstellungen sowie subjektiv empfundenen Kompetenzen über das Experimentieren von Lehramtsstudierenden dieser drei Fächer erhoben. In dem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

Für einen gelingenden Einsatz von Experimenten im Unterricht sind vielfältige Faktoren zu berücksichtigen. Essentiell sind unter anderem die Einstellungen bzw. Überzeugungen der Lehrkraft zur naturwissenschaftlichen Arbeitsweise, da sich diese auch auf den Erfolg des Unterrichts auswirken können (Reusser & Pauli, 2014). Überzeugungen/ Einstellungen umfassen dabei Meinungen, Annahmen, Beurteilungen und Vorstellungen (Baumert & Kunter, 2006; Kunter & Pohlmann, 2009) und können sich auf das unterrichtliche Handeln bzw. die Wahl der Unterrichtsmethode auswirken (Hashweh, 1996; Hellmich & Görel, 2014; Marsch, 2008). Neben den Einstellungen der LehrerInnen bezüglich der eingesetzten Methode spielen auch die Selbstwirksamkeitserwartung und Kompetenzüberzeugungen eine wichtige Rolle. Je positiver eine Lehrperson eine Methode/ Arbeitsweise sieht, desto positiver ist auch ihre Einstellung zu dieser Methode/ Arbeitsweise (Schwarzer & Warner, 2014). Daher wirken sich Einstellungen auch direkt auf den Umgang mit Experimenten im Unterricht aus (Tesch & Duit, 2004; Lipowsky, 2006; Hellmich & Görel, 2014). Da das Experiment ein wesentlicher Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist, ist es also auch wichtig die Einstellungen von angehenden LehrerInnen im Studium zu erfassen und auf Grundlage von Ergebnissen zu thematisieren (Strahl, 2018).

Forschungsfrage und Methodik

Die hier dargestellte Studie schließt sich an Studien von Jonas-Arend (2004), Strahl et. al. (2013), (2016) und Virtbauer & Pfligersdorffer (2016) an. Die Frage dieser Untersuchung stellt die Einstellungen und wahrgenommenen Kompetenzen der Studierenden, bezüglich des Experimentierens, in den Vordergrund.

Insgesamt nahmen 128 Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik an der Studie teil (w = 82, m = 46). Durchschnittlich lag das Alter bei M = 22,7 Jahren ($SD = 5,4$) und die Probanden waren im vierten Semester ihres Lehramtsstudiums ($M = 3,7$ $SD = 3,5$).

Zur Erhebung wurde ein Paper-Pencil-Fragebogen verwendet, der sich an die Erhebungen von Strahl et. al. (2013), (2016) und Virtbauer und Pfligersdorffer (2016) anlehnt. Die Fragen konnten mittels fünfstufiger Likert-Skala beantwortet werden (1 = trifft nicht zu bis 5 = trifft zu).

Teilergebnisse

Alle Aussagen waren in ganzen Sätzen formuliert und sind hier der Übersicht halber mit ihren Kernelementen beschrieben.

Die Ergebnisse zu den vermuteten Reaktionen der SchülerInnen auf selbstständig durchzuführende Experimente finden sich in Abbildung 1. Auffällig ist, dass positive Aspekte wie „Spaß“ und „Praktische Beteiligung“ sehr viel besser bewertet wurden, als negative Aussagen wie „Unruhe“ oder „Druck“. Lehramtsstudierende haben somit sehr hohe bzw. positive Erwartungshaltungen an das Experimentieren im Biologie-, Chemie- und Physikunterricht.

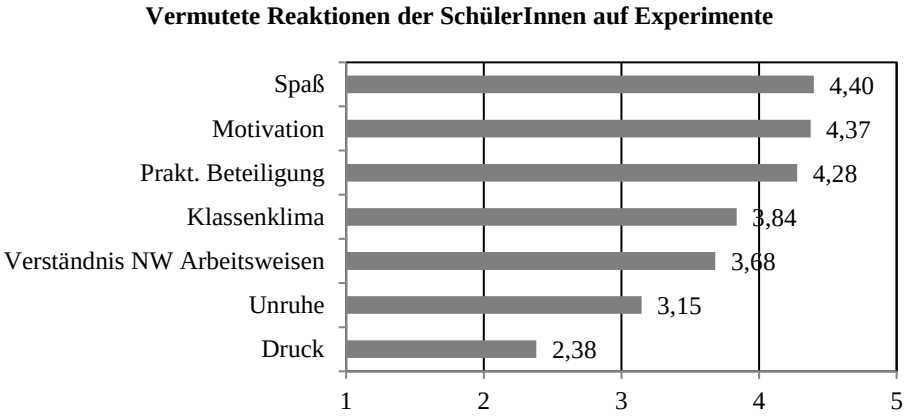


Abb. 1 Vermutete Reaktion der SchülerInnen (Mittelwerte)

Das subjektiv empfundene Wissen zum Experimentieren wird von der Mehrheit der Studierenden als „fast nichts“ eingestuft und nur wenige meinen „viel“ zu wissen (siehe Abb. 2, Angaben in %).

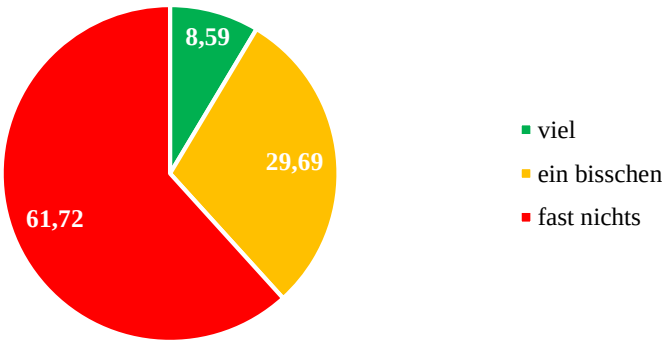


Abb. 2 Subjektiv empfundenes Wissen der Studierenden zum Experimentieren

Da sich die Probanden durchschnittlich im vierten Semester befinden und erst einen geringen Teil des Lehramtsstudiums absolviert haben, ist dieses Ergebnis nicht unerwartet.

Darüber hinaus wurde erhoben, wann Experimente, nach Meinung der Studierenden, nur einen geringen Nutzen haben. Dies ist in Abbildung 3 dargestellt. Dabei stellt „Gefährlichkeit“ das wichtigste und „kein Ergebnis“ das unwichtigste Argument dar. Den geringsten Nutzen haben also Experimente, wenn sie zu gefährlich sind. Ein hoher Nutzen

wird dem Experiment selbst bei fehlendem Ergebnis zugesprochen. Auffallend ist auch, dass „Aufwand der Lehrkraft“ als nicht so entscheidend gesehen wird.

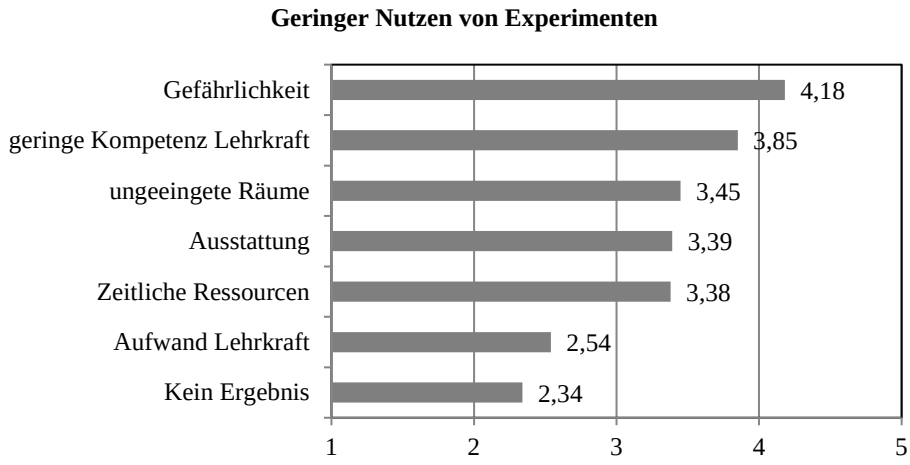


Abb. 3 Geringer Nutzen von Experimenten (Mittelwerte)

Ausblick

Die Studie hatte zum Ziel, erste Ergebnisse über die Einstellungen der Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie, Chemie und Physik, bezüglich des Experimentierens bzw. des Einsatzes von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht, zu erhalten. Hier wurden die Fächer nicht separat behandelt, da die Teilnehmerzahl noch nicht ausreichend war. In einer weiteren Studie werden die thematisierten Inhalte mit einer größeren Stichprobe tiefergehend und zusätzlich auch nach Fächern getrennt untersucht.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.

Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers´ epistemological beliefs in teaching. Journal of Research in Science Teaching, 33(1), 47-63.

Hellmich, F., & Görel, G. (2014). Erklärungsfaktoren für die Einstellungen von Lehrerinnen und Lehrern zum inklusiven Unterricht in der Grundschule. Zeitschrift für Bildungsforschung, 4, 227-240.

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21(1), 127-139.

Jonas-Ahrend, G. (2004). Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Band 34). Berlin: Logos Verlag.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2009). Lehrer. In E. Wild. & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 261-281). Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.

Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. Zeitschrift für Pädagogik, 51, 47-65.

Marsch, S. (2008). Wie denken Biologie-Lehrkräfte über das Lehren und Lernen? Ergebnisse einer Interviewstudie. Beiträge zur Qualitativen Inhaltsanalyse des Instituts für Psychologie der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt; 15, http://hdl.handle.net/20.500.11780/483 (letzter Aufruf am 14.10.2019).

Reusser, K., & Pauli, C. (2014). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 642-661). Münster: Waxmann Verlag GmbH.

Schwarzer, R., & Warner, L.M. (2014). Forschung zur Selbstwirksamkeit bei Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland. (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 662-676). Münster: Waxmann Verlag GmbH.

Strahl, A. (2018) Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik. Norderstedt: BoD.

Strahl, A., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Looß, M., Hilfert-Rüppell, D., & Pietzner, V. (2013). Auf alle Fälle Experimente? Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz von Experimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based-learning – Forschendes Lernen (S. 629-631). Kiel: IPN-Verlag.

Strahl, A., Höner, K., Müller, R., Eghtessad, A., Pietzner, V., Looß, M., Klingenberg, K. & Hilfert-Rüppell, D. (2016). Auf alle Fälle Experimente? Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum naturwissenschaftlichen Unterricht und zum Einsatz von Experimenten. In K. Höner, M. Looß, R. Müller und A. Strahl (Hrsg.), Naturwissenschaften vermitteln: Von der frühen Kindheit bis zum Lehrerberuf (S. 25-58). Norderstedt: Bod – Books on Demand.

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51-69.

Virtbauer, L., & Pfligersdorffer, G. (2016). Einstellungen und wahrgenommene Kompetenzen von Lehramtsstudierenden zum Thema „Experimente im Biologieunterricht“. In: G. Maresch & J. Zumbach (Hrsg.), Didaktik der Naturwissenschaften – Neue Horizonte in Biologie, Geometrie und Informatik (S. 57-75). Wien: facultas Universitätsverlag.

Dominik Dorsel
Sebastian Staacks
Simon Hütz
Heidrun Heinke
Christoph Stampfer

RWTH Aachen University

Smartphone-gestützte Experimente außerhalb der Physik

Die App *phyphox*

Die App *phyphox* ermöglicht mithilfe der intern verbauten Sensoren das Experimentieren mit dem Smartphone (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer 2018). Sie eröffnet damit einen niederschwelligen und kostengünstigen Zugang zum breiten Einsatz von Experimenten mit digitaler Messwerterfassung auch in sehr großen Lernergruppen. In der Regel sind Mikrofon, GPS, Beschleunigungs- und Magnetfeldsensor in den Smartphones vorhanden. Je nach Smartphone-Modell wird die Auswahl durch weitere Sensoren wie einen Drehratensensor, ein Barometer oder einen Lichtsensor ergänzt. Die verfügbaren Sensoren ermöglichen eine Vielzahl an Experimenten vor allem aus dem Bereich der Mechanik und teilweise auch aus anderen Gebieten der Physik (Kuhlen, Stampfer, Wilhelm & Kuhn 2017). Auch deshalb ist die App *phyphox* in der Physik-Lehre mit über ~800.000 Downloads mittlerweile weit verbreitet.
Sollen Smartphone-Experimente auch in anderen naturwissenschaftlichen Fächern erfolgreich und umfassend genutzt werden, ist der Zugriff auf weitere Sensortypen zwingend erforderlich. Beispielsweise eignet sich ein pH-Meter besonders für die Lehre in der Chemie oder Biologie. Für alle Naturwissenschaften wäre z.B. auch die Nutzung eines low-cost Spektrometers interessant, wobei hier neben Sensoren auch Aktuatoren zum Einsatz kommen können.

Externe Sensoren durch Bluetooth Low Energy

Seit Juni 2019 ermöglicht *phyphox* das Einbinden von externen Sensoren über die Schnittstelle Bluetooth Low Energy (BLE). Im Folgenden werden nutzbare Sensoren vorgestellt, welche zur besseren Übersicht in drei Kategorien unterteilt werden.

Die erste Kategorie sind Sensorboxen wie der SensorTag von Texas Instruments oder der PocketLab Voyager von Myriad Sensors, welche ohne weitere Einstellungen bequem mit *phyphox* ausgelesen werden können. Je nach Sensorbox wird die Auswahl der verfügbaren Sensoren so um Sensoren zur Messung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder einer Distanz erweitert. Zusätzlich enthalten diese Sensorboxen auch bereits aus dem Smartphone bekannte Sensoren, die aber durch die robuste und teilweise deutlich kleinere Bauform auch in Experimentiersituationen verwendet werden können, die für den Einsatz von internen Smartphone-Sensoren ungeeignet erscheinen.

Die zweite Variante neben kommerziellen Sensorboxen sind BLE fähige Geräte aus dem Alltag, welche zum Experimentieren verwendet werden können. Dazu zählen zum Beispiel die weit verbreiteten Fitness-Tracker, ein BLE Multimeter oder eine BLE Computer-Maus als Distanzsensor. Diese Geräte sind idealerweise bereits vorhanden und müssen vom Nutzer nicht erst erworben werden. Allerdings erfordert das erstmalige Einbinden der Geräte Kenntnisse über die Schnittstelle BLE. Wurde ein Alltagsgerät von einem *phyphox*-Nutzer erstmalig eingebunden, können die erstellten Konfigurationen über das *phyphox*-Forum geteilt und dann auch von anderen Nutzern verwendet werden.

Die dritte und vielfältigste Möglichkeit ist der Eigenbau von Sensormodulen auf Basis von Mikrocontrollern. Moderne Mikrocontroller wie der ESP32 oder die aktuelle Arduino-Nano Reihe unterstützen bereits die Kommunikation über BLE und ermöglichen es, praktisch jeden beliebigen Sensor auszulesen. Zusätzlich können Mikrocontroller auch Relais oder Schrittmotoren steuern und erlauben damit die Entwicklung auch komplexerer Messapparaturen wie zum Beispiel eines Eigenbau-Spektrometers. Die Entwicklung und teilweise auch Nutzung von Eigenbau-Sensormodulen erfordert entweder entsprechendes Vorwissen oder eine Einarbeitungszeit. Sie ermöglicht es aber gleichzeitig, die Sensoren optimal an das Experiment anzupassen und insgesamt die experimentellen Gegebenheiten aus didaktischer Sicht zu optimieren.

Eigenbau-Spektrometer auf Basis eines Mikrocontrollers
Ein Spektrometer ist ein Beispiel für eine einfache Messapparatur, die durch die Kommunikation der App *phyphox* mit externen Sensoren und Aktuatoren (hier einem Schrittmotor) realisiert werden kann und auch für Fachrichtungen neben der Physik interessant ist. In den folgenden Abschnitten werden der Aufbau, die Kalibration und erste Messergebnisse eines Eigenbau-Spektrometers vorgestellt. In Abbildung 1 ist eine schematische Skizze des Eigenbau-Spektrometers abgebildet, welches mit folgenden Komponenten realisiert wurde:

- Weiße LED mit 15° Öffnungswinkel.
- Beugungsgitter aus einem Teil einer DVD (Gitterabstand 740 nm).
- Fotodiode (BPX65) mit Verstärkerschaltung.
- Schrittmotor um die Fotodiode durch das Spektrum zu bewegen.
- Küvetten-Halter für Experimente zum Absorptionsverhalten verschiedener Lösungen.

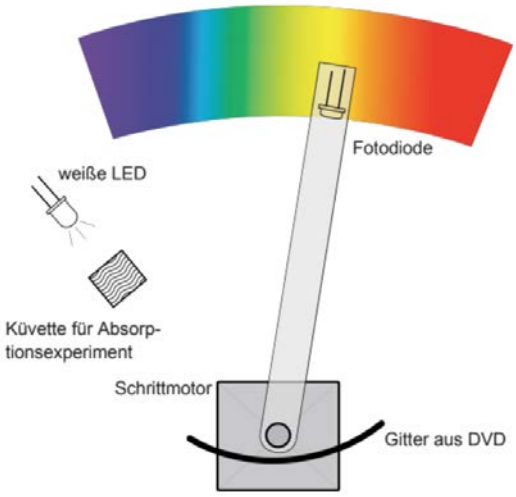


Abb. 1 Schematischer Aufbau des realisierten Eigenbau-Spektrometers.

Kalibriert wird das Spektrometer über das bekannte Spektrum der genutzten weißen LED. Die genaue Verteilung des emittierten Lichts aus dem Datenblatt ermöglicht eine Zuordnung der Schrittmotorstellung zur Wellenlänge.
In einem ersten Experiment wurde das Spektrometer genutzt um die wellenlängenabhängige Absorption von $CuSO_4$–Lösungen zu untersuchen. Dazu wird zuerst eine Küvette mit einer

0% Lösung in den Strahlengang gestellt. Die Messergebnisse sind in Abbildung 2 durch die orange Linie dargestellt. Die blaue Kurve stellt die anschließend aufgenommenen Messwerte einer 20%igen-Lösung dar. Man erkennt, dass die bläuliche $CuSO_4$-Lösung Licht im roten Spektralbereich stärker absorbiert. Noch deutlicher wird das, wenn man die Differenz beider Messungen (grüne Kurve im unteren Graphen) betrachtet.

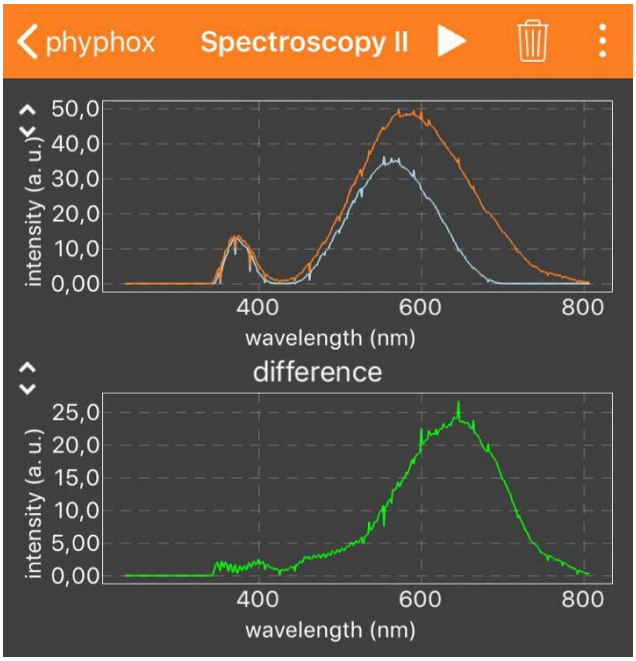


Abb. 2 Im oberen Graphen sind die Absorptionsspektren einer 0 %igen (orange) und einer 20 %igen (blau) $CuSO_4$-Lösung zu sehen. Der untere Graph zeigt das Differenzspektrum.

Auch im bisher realisierten Stadium eines sehr einfachen Prototyps eignet sich das Eigenbau-Spektrometer bereits zum Experimentieren. Allerdings können verschiedene Elemente noch deutlich optimiert werden. Dies betrifft z.B. die Fotodiode, die durch eine Diode mit gleichmäßigerer Sensitivität im sichtbaren Spektralbereich ersetzt werden kann. Zusätzlich kann die bisherige 2-Punkt-Kalibration durch Verwendung einer sog. RGBW LED durch eine 5-Punkt-Kalibration ersetzt werden. Außerdem kann durch einen Schrittmotor mit mehr Schritten pro Umdrehung und eine überarbeitete Verstärkerelektronik das Auflösungsvermögen weiter verbessert werden.

Literatur

Kuhlen, S., Stampfer, C., Wilhelm, T. & Kuhn, J. (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen. Smarte Physik. *Physik in unserer Zeit*, *48*(3), 148–149.

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments. Phyphox. *Physics Education*, *53*(4), 45009.

Norman Joußen RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Die Sichtbarkeit fachlicher Vorstellungen in experimentellen Prozessen

Einleitung und Motivation

Gemäß einem konstruktivistischen Ansatz ist insbesondere das Vorwissen der Lerner für den Lernerfolg entscheidend. In den letzten Jahren wurden daher in einer Vielzahl von Studien das Vorwissen und die Vorstellungen von Lernern untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler bereits vor dem Unterricht vielfältige Alltagserfahrungen gesammelt und tief verankerte Vorstellungen ausgebildet haben (vgl. Duit, 2009). Diese Vorstellungen der Lerner können dabei physikalisch richtig oder fehlerbehaftet sein. Im zweiten Fall wird daher auch von Fehlvorstellungen gesprochen. Solche Vorstellungen und Fehlvorstellungen wurden in der Vergangenheit dabei meist durch Interviews oder Fragebögen diagnostiziert. Duit et al. halten fest, dass das Experimentieren und das Modellieren theoretischer Vorstellungen eng miteinander verbunden sind (vgl. Duit et al., 2010).
Im Rahmen eines Promotionsprojektes soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachtet werden können wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen. Im vorliegenden Beitrag wird zunächst das Studiendesign des Promotionsprojektes vorgestellt und anschließend die Entwicklung eines Fragebogens zur Diagnostik fachlicher Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik mit dem thematischen Schwerpunkt der Abbildung an einer Sammellinse aufgezeigt. Die Entwicklung des Fragebogens ist dabei eng mit der Entwicklung von geeigneten Experimentieraufgaben verbunden, auf die in einem anschließenden Abschnitt eingegangen wird.

Vorstellung des Studiendesigns

Zur Untersuchung der Fragestellung, inwiefern beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachtet werden wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen, sollen die Probanden zunächst einen Fragebogen bearbeiten. Aufgrund der Antworten der Probanden sollen anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse angelehnt an Gropengießer fachliche Vorstellungen abgeleitet werden (vgl. Gropengießer, 2008). Im Vorfeld der Bearbeitung des Fragebogens sollen zudem Kovariablen erhoben werden. Insgesamt soll die Erhebung von Kovariablen und der Einsatz des Fragebogens einen zeitlichen Umfang von ca. 60 Minuten nicht übersteigen, um Testermüdungseffekte zu vermeiden. Als Probanden sollen Lehramtsstudierende mit dem Fach Physik gewonnen werden.
Im Anschluss an die Erhebung von Kovariablen und den Einsatz des Fragebogens sollen die Probanden dann zwei Experimentieraufgaben bearbeiten. Für die Bearbeitung der Experimentieraufgaben ist ein zeitlicher Umfang von 45 Minuten vorgesehen. Der experimentelle Prozess bei der Bearbeitung der Experimentieraufgaben soll dabei durch eine objektfokussierte Erfassung aufgezeichnet werden. Bei diesem objektfokussierten Ansatz wird das zugrundeliegende Realexperiment möglichst unverändert gelassen. Zudem wird der experimentelle Prozess möglichst vollständig erfasst und damit rekonstruier- und vergleichbar. Die Grundidee dieses Ansatzes ist es dabei alle relevanten Manipulationen am experimentellen Aufbau durch eine geeignete Sensorik zu erfassen (vgl. Fraß & Heinke, 2014; Büsch et al., 2017). Für Experimente bei Realexperimenten auf einer optischen Bank wurde daher im Rahmen des Promotionsprojektes eine Sensorik zur Erfassung der horizontalen und vertikalen Position von Bauteilen auf einer optischen Bank entwickelt. Die Positionserfassung ist mit einer hohen Genauigkeit ($\Delta x \approx 2$ mm, $\Delta y \approx 1$ mm) und einer hohen zeitlichen Auflösung ($\Delta t \approx 200$ ms) möglich. Die Sensordaten werden drahtlos von den optischen Reitern auf einen Server übertragen und dort gespeichert. Eine ausführliche Vorstellung der entwickelten Sensorik findet

sich bei Joußen & Heinke 2018. Anhand der aufgenommenen Sensordaten soll der bei der Bearbeitung der Experimentieraufgaben durchlaufene experimentelle Prozess dahingehend untersucht werden, ob sich die durch den Fragebogen diagnostizierten fachlichen Vorstellungen auch in den Prozessdaten zeigen. Das Studiendesign der Hauptstudie, die für das erste Quartal 2020 geplant ist, ist in Abb. 1 zusammenfassend dargestellt.

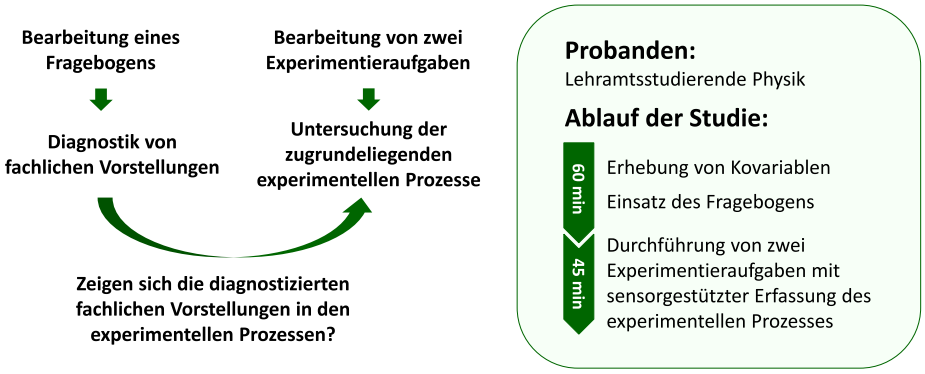


Abb. 1: Studiendesign der geplanten Hauptstudie

Entwicklung eines Fragebogens zur Diagnostik fachlicher Vorstellungen

Im Zuge der Entwicklung des Fragebogens wurde ein Paper-Pencil-Test konzipiert, der 18 Aufgaben mit offenem Antwortformat beinhaltet. Die Probanden sollen dabei ihre Antworten jeweils auch begründen und auf einer 4-stufigen Skala einschätzen, wie sicher sie sich bei der Antwort und der Begründung sind. Das Format des Fragebogens mit Antwort und Begründung und der Selbsteinschätzung ist dabei angelehnt an den Four-tier Geometrical Optics Test (FTGOT) (vgl. Kaltakci-Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2017).

Die erste Aufgabe des entwickelten Fragebogens dient als Grundlage für die weitere Auswertung, da in dieser das Abstrahlverhalten der in den weiteren Aufgaben verwendeten Lichtquellen charakterisiert werden soll. Aufgabe 2 thematisiert dann die Ausbreitung von Licht. In den Aufgaben 3 bis 13 wird die Abbildung an einer Sammellinse behandelt, wobei durch die Aufgaben einzelne Teilaspekte des Themengebietes abgebildet werden. Da in den Experimentieraufgaben auch eine Lochblende verwendet werden soll, wird in Aufgabe 14 die Abbildung an einer Lochblende thematisiert. Zuletzt wird in den Aufgaben 15-18 die Abbildung an Linsensystemen bestehend aus zwei Sammellinsen aufgegriffen.

Die Aufgaben des Fragebogens sind dabei jeweils nach folgendem Schema aufgebaut: Zunächst wird eine experimentelle Ausgangssituation in einem kurzen Text und einer Skizze beschrieben. Die Aufgabenstellung befindet sich unterhalb der Skizze, wobei jeweils ein Bereich für die Antwort und ein Bereich für die Begründung der Probanden vorgesehen sind. Unterhalb dieser Bereiche für Antwort und Begründung findet sich der Bereich zur Einschätzung, wie sicher sich die Probanden bei der Antwort und Begründung waren. In Abb. 2 ist beispielhaft die Aufgabe 11 des Fragebogens dargestellt.

Eine Pilotierung des Fragebogens mit 6 Lehramtsstudierenden der Physik ergab, dass die Aufgaben eine durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit von 49 % besaßen (Minimum: 21 %, Maximum: 88 %). Die Probanden benötigten durchschnittlich 137 Minuten zur Bearbeitung des Fragebogens (Minimum: 104 Minuten, Maximum: 184 Minuten). Aufgrund einer Betrachtung der abgeleiteten Vorstellungen sollen im nächsten Schritt Aufgaben mit gleichen abgeleiteten Vorstellungen identifiziert werden, um darauf aufbauend eine Auswahl von Aufgaben für die finale Version des Fragebogens für die Hauptstudie treffen zu können. Das Ziel soll hierbei sein, die angestrebte Bearbeitungszeit von ca. 60 Minuten zu erreichen.

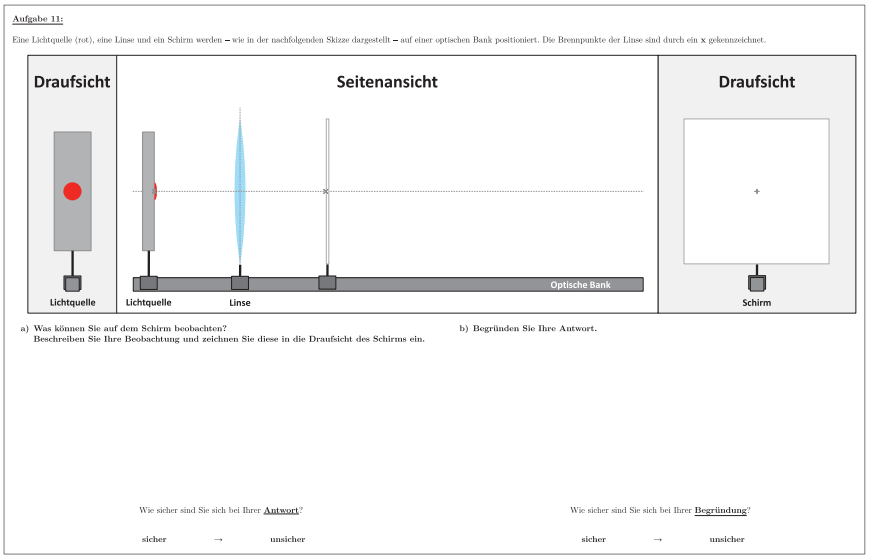


Abb. 2: Aufgabe 11 des entwickelten Fragebogens zur Diagnostik von fachlichen Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik

Entwicklung von Experimentieraufgaben

Bei der Entwicklung der Experimentieraufgaben wurde auf eine hohe Übereinstimmung der zugrundeliegenden fachlichen Konzepte zwischen Fragebogen und Experimentieraufgaben geachtet. Darüber hinaus sollen die Aufgaben einen hinreichenden Grad der Offenheit besitzen, um eine Varianz im experimentellen Prozess zu ermöglichen. Insbesondere sollen die Aufgaben dabei nicht mit einer Trial-and-Error-Strategie lösbar sein, damit eine kognitive Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden fachlichen Konzepten stattfinden muss.

In der ersten Experimentieraufgabe soll die Brennweite einer Linse auf zwei unterschiedliche Art und Weisen bestimmt werden. Dafür stehen neben einer optischen Bank zwei weitere Linsen mit bekannter Brennweite, eine Lampe, ein selbstleuchtender Gegenstand in „L“-Form, eine Irisblende mit verstellbarem Öffnungsdurchmesser und ein Schirm zur Verfügung.

In der zweiten Experimentieraufgabe soll mit einer oder mehreren Linsen ein aufrechtes und nicht seitenverkehrtes Bild auf dem Schirm erzeugt werden. Bei dieser Aufgabe stehen neben einer optischen Bank ein selbstleuchtender Gegenstand in „L“-Form, drei Linsen mit unterschiedlicher Brennweite und ein Schirm zur Verfügung.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen eines Promotionsprojektes soll untersucht werden, inwiefern sich beim praktischen Experimentieren die gleichen Vorstellungen beobachten lassen wie bei der theoretischen Bearbeitung von Fragebögen. Dazu wurde ein Fragebogen mit offenem Antwortformat zum Diagnostizieren von fachlichen Vorstellungen im Bereich der geometrischen Optik mit Schwerpunkt auf der Abbildung an Sammellinsen entwickelt. Eine erste Pilotierung dieses Fragebogens liefert die Datengrundlage, um einerseits aus den Antworten der Probanden anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse ein erstes Kategoriensystem fachlicher Vorstellungen zu bilden, das andererseits auch zur notwendigen Kürzung des Fragebogens dient. Zudem wurden zwei Experimentieraufgaben entwickelt, die eine hohe Übereinstimmung der zugrundeliegenden fachlichen Konzepte zwischen Fragebogen und Experimentieraufgaben aufweisen und dabei einen hinreichenden Offenheitsgrad besitzen, um eine Varianz im experimentellen Prozess beobachten zu können. Die Hauptstudie des Promotionsprojektes ist im ersten Quartal 2020 geplant.

Literatur

Büsch, L.; Schöneberg, M.; Heinke, H. (2017): Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung und Lehre. In: Maurer, C. (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016.

Duit, R. (2009): Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In: Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): Physikdidaktik –Theorie und Praxis (S. 605-630). Berlin: Springer.

Duit, R.; Tesch, M.; Mikelskis-Seifert, S. (2010): Piko-Brief Nr. 7 – Das Experiment im Physikunterricht. In: Piko-Briefe – Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst.

Fraß, S.; Heinke, H. (2014): Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Heterogenität und Diversität -Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 301–303). Kiel: IPN.

Kaltakci-Gurel, D.; Eryilmaz, A.; McDermott, L. (2017): Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics, Res. Sci. & Technol. Educ. 35(2), 238 (2017).

Gropengießer, H. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In: Mayring, P.; Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.): Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse. 2. Auflage. Beltz.

Arne Bewersdorff[1]
Armin Baur[1]
Markus Emden[2]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[2]Pädagogische Hochschule Zürich

Untersuchung der Wirksamkeit einer Lehrkräftefortbildung zum Experimentieren

Um Effekte von Lehrkräftefortbildungen zu untersuchen, werden in dieser Studie zwei weitgehend identische Fortbildungsformate zum Experimentieren miteinander verglichen.
Der zentrale Unterschied zwischen den beiden Formaten liegt in der Kooperationstiefe der beteiligten Lehrkräfte: Ein Fortbildungsformat ist im Sinne des Konzepts der Kokonstruktion konzipiert, während das andere Fortbildungsformat auf die individualisierte Unterstützung durch die Fortbildner ausgerichtet ist (individualisiert-konstruktiv).
Kokonstruktive Elemente im Sinne der Fortbildung sind die gemeinsame Bearbeitung von Arbeitsaufträgen zwischen den Arbeitstreffen, Gruppenhospitationen und gegenseitige Reflexion sowie die kollegiale Entwicklung von Unterrichtsprojekten (Emden & Baur, 2016).
In Teilprojekten werden in beiden Fortbildungsformaten Änderungen des fachdidaktischen Wissens (PCK) und der Werthaltungen (Beliefs) der Lehrkräfte zum Experimentieren sowie der Schülerleistungen im Verlauf der Fortbildung mittels Fragebögen bzw. Papier-Bleistift-Tests erhoben. In dem hier beschriebenen Teilprojekt sollen mögliche Änderungen des Unterrichtshandelns der Lehrkräfte beim Experimentieren im Verlauf der Fortbildung analysiert werden. Dazu werden mittels Videografie Unterrichtsstunden zum Experimentieren vor sowie nach der Fortbildung mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse untersucht. Nachgelagert sollen die Erkenntnisse zum Unterrichtshandeln mit den Daten der PCK-Tests, den Fragebögen zu den Beliefs zum Experimentieren und den Schülerleistungsdaten trianguliert werden.

Motivation

Um eine wahrnehmbare Kluft zwischen der Zielvorstellung zum Erlernen naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen (vgl. KMK, 2005) und dem tatsächlich häufig praktizierten ‚Illustrieren' von Phänomenen und lehrergeleitetem Ausführen kleinschrittiger Arbeitsanweisungen zu überbrücken, können effiziente Lehrerkräftefortbildungen ein adäquates Mittel sein (Hazelkorn et al., 2015).
Capps et al. (2012) formulieren als Forschungsdesiderat, dass bei Lehrkräftefortbildungen zum Experimentieren (*scientific inquiry*) alle relevanten abhängigen Variablen zu untersuchen seien, d. h. PCK, Beliefs und das Unterrichtshandeln der Lehrkräfte sowie letztlich die Schülerleistungen. Diesem Desiderat widmet sich das Projekt in assoziierten Teilprojekten. Im Folgenden wird das Teilprojekt zur Untersuchung des Unterrichtshandelns beschrieben.

Forschungsfrage

Wie wirkt sich das individualisiert-konstruktive Fortbildungsformat bzw. das ko-konstruktive Fortbildungsformat auf das Unterrichtshandeln der Lehrkräfte beim Experimentieren aus?

Design und Methoden

An den schulinternen Lehrkräftefortbildungen nehmen acht Schulen mit Sekundarstufe I (ohne Gymnasium) mit insgesamt 43 Lehrkräften teil. Die Naturwissenschaftslehrkräfte

einer Schule bilden jeweils eine Fortbildungsgruppe, welche zufällig einem der beiden Fortbildungsformate zugeordnet wird.
Zentraler Inhalt der untersuchten Lehrkräftefortbildungen ist das Konzept des ‚Entdeckenden Experimentierens' (Emden & Baur, 2017).
In assoziierten Teilprojekten, die hier nicht weiter berichtet werden, werden in jedem Format das PCK und Beliefs (pre, while, post, follow up) der Lehrkräfte mit validierten Tests und Fragebögen (PCK: Schmitt, 2016 nach Backes, Tepner & Sumfleth, unveröff., Beliefs: Engeln, Euler & Maass, 2013) sowie die Schülerleistungen mit Hilfe des Tests von Glug (2009, pre und post) erhoben.
Das Unterrichtshandeln wird zum einen mittels Videografie von Unterrichtsstunden zum Experimentieren (pre und post) und zum anderen durch Beobachtungsprotokolle und schriftliche Kurzzusammenfassungen zweier Hospitationen ($while_1$ und $while_2$) erfasst (verwendete Beobachtungsprotokolle: (Krajcik, Blumenfeld, Marx & Soloway, 1994; Sawada et al., 2002; Wee, Shepardson, Fast & Harbor, 2007).

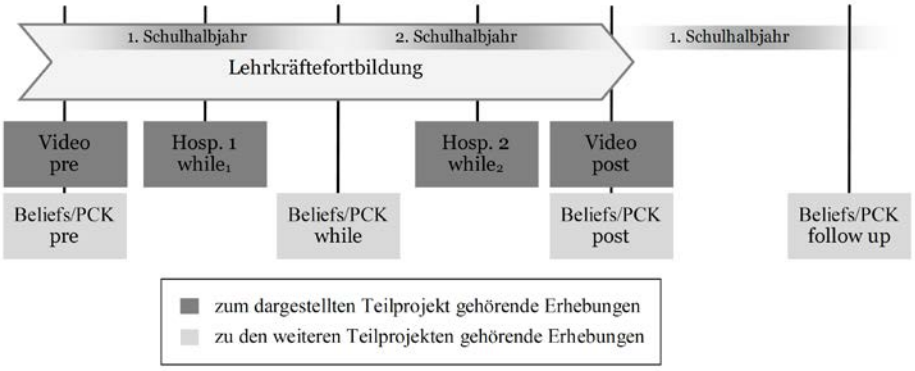


Abb. 1: Die Lehrkräftefortbildung und die angebundenen Erhebungen im Gesamtprojekt

Aus den videografierten Unterrichtsstunden zum Experimentieren werden zur weiteren Analyse alle Sprech- und Handlungsaktionen vollständig transkribiert. Die Transkripte werden auf ihre Oberflächenstruktur bezüglich Sozialform und der auftretenden Teilprozesse beim Experimentieren (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018) untersucht. Anschließend wird mit einem weiteren, selbst entwickelten Kategoriensystem die Tiefenstruktur analysiert.
Aus insgesamt zwölf Transkripten wurde in einem ersten Schritt induktiv mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ein Kategoriensystem mit 61 dichotomen Kategorien (Merkmal tritt auf/Merkmal tritt nicht auf) entwickelt. In einem zweiten – deduktiven – Schritt wurde das Kategoriensystem punktuell hinsichtlich des ‚Entdeckenden Experimentierens' und acht Unterrichtsprinzipien zum Experimentieren (Baur, Emden & Bewersdorff, 2019) ergänzt. Abschließend wurde das Kategoriensystem im Rahmen einer ersten Inhaltsvalidierung auf 49 Kategorien reduziert. Das Kategoriensystem spannt folgende vier Dimensionen auf (Tabelle 1):

Tab. 1: Die vier Dimensionen des Kategoriensystems

Dimension	Erläuterung
Prozessstruktur (20 Kategorien)	Sichtbarkeit der Teilprozesse des Experimentierens und der ihnen von der Lehrkraft einbeschriebenen Konzepte; Orientierung am wissenschaftlichen Arbeiten
Prozessreflexion	Gelegenheiten zur Meso- und Metareflexion des

(11 Kategorien)	Experimentierprozesses; Verknüpfungen von Teilprozessen im Erkenntnisprozess
Angemessenheit und Unterstützung (12 Kategorien)	Strukturierung des Erkenntnisprozesses; Unterstützung der und Eingriffe in die Schülerselbstständigkeit; Bereitstellung von Hilfsangeboten
Unterrichtsorganisation (6 Kategorien)	Einbettung des Experiments in die Lehr-Lern-Einheit

Dimension Prozessstruktur
Die Dimension Prozessstruktur untergliedert sich in die Oberkategorien ‚Problem und Fragestellung' (Art und Auftreten), ‚Hypothesen aufstellen und besprechen' (Arten und Umgang durch die Lehrperson), ‚Entwickeln einer Untersuchung', ‚wissenschaftsorientiertes Arbeiten' (Vergleichbarkeit, Generalisierbarkeit, Umsetzen von Kontroll- und Testansatz), ‚Besprechen und Fixieren von Beobachtungen' sowie ‚Verschriftlichungen im Erkenntnisprozess'.
Dimension Prozessreflexion
Die Dimension Prozessreflexion ist zweigeteilt: Mesoreflexion bezeichnet eine Reflexion im Rahmen der konkret vorgenommenen Untersuchung und wird in drei Oberkategorien (‚Klärung und Zusammenfassung von Vermutungen', ‚Besprechung und Reflexion der Durchführung', ‚Besprechung und Reflexion von Erkenntnissen') erfasst. Metareflexion indessen umfasst Oberkategorien, welche das Unterrichtshandeln zur Reflexion über die Erkenntnismethode des Experimentierens an sich beschreiben: ‚Begriffsklärung ‚Vermutung'', ‚Sichtbarmachung der Prozessstruktur', ‚wissenschaftsorientiertes Arbeiten' (Erklärungen zur Variablenkontrollstrategie).
Dimension Angemessenheit und Unterstützung
Diese Dimension umfasst zwei Oberkategorien. ‚Offenheit und Strukturierung' dienen der Identifikation von Strukturierungs- und Hilfsangeboten durch die Lehrkraft sowie den Lernenden im Experimentierprozess gegebene Freiheiten. Die Oberkategorie ‚Lehrkraft als Ansprechpartner, Trainer und Experte' klassifiziert direkte Interaktionen zwischen Lehrkraft und Lernenden.
Dimension Unterrichtsorganisation
Die Oberkategorien ‚Unterrichtseinbettung' sowie ‚Fachwissen' und ‚Sicherheit' erfassen den konkreten Kontext der Unterrichtsstunde.
Im Rahmen einer ersten Pilotierung des Kategoriensystems wurde auf vier Transkripte jeweils das gesamte Kategoriensystem von zwei Ratern angewandt. Die Wertungen wurden für jedes Transkript separat mittels Häufigkeitszählungen der Übereinstimmungen (auf Ebene der Kategorien) und anschließende Überführung in eine Kreuztabelle zur Berechnung der Interraterreliabilität (Cohens Kappa) herangezogen. Für das gesamte Kategoriensystem wurden, für die vier Transkripte jeweils separat, Interraterreliabilitäten zwischen $\kappa = .73$ und. $\kappa = .79$ ermittelt. Eine zeitlich höher auflösende Überprüfung der Codings, in der die Ratings zu bestimmten Zeitpunkten überprüft werden (im Sinne einer Objektivitätsprüfung des Kodiermanuals) steht aus.

Ausblick
Das Kategoriensystem wird final validiert, einem umfassenden Reliabilitätstest unterzogen und anschließend auf alle Videotranskriptionen (N=42) angewendet.
Für eine Verlaufsdiagnose des Unterrichtshandelns über die gesamte Fortbildung werden sowohl die Transkriptionen als auch schriftliche Kurzzusammenfassungen der Hospitationen mit einem reduzierten und aus dem Kategoriensystem abzuleitenden Instrument analysiert.
Um die Wirkungen der Lehrkräftefortbildung ganzheitlich zu beschreiben, soll die Auswertung der Unterrichtsvideografien mittels Kategoriensystem mit den Ergebnissen zu PCK und Beliefs trianguliert werden.

Literatur

Backes, A., Tepner, O. & Sumfleth, E. (unveröff.). Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften.

Baur, A., Emden, M. & Bewersdorff, A. (2019). Welche Unterrichtsprinzipien sollten für den Aufbau von Kompetenzen zum Experimentieren Beachtung finden? Eine Ableitung auf Basis multiperspektivisch begründeter Unterrichtsziele. Zeitschrift für Didaktik der Biologie, 23 (1), 10–24.

Emden, M. & Baur, A. (2016). Lehrerbildung: Schulwerkstatt ‚Erkenntnisorientiertes Experimentieren'. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. (S. 575–577). Universität Regensburg.

Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23 (1), 1–19.

Engeln, K., Euler, M. & Maass, K. (2013). Inquiry-based learning in mathematics and science. A comparative baseline study of teachers' beliefs and practices across 12 European countries. ZDM Mathematics Education, 45 (6), 823–836.

Glug, I. (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 121–140). Heidelberg: Springer.

Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M. et al. (2015). Science Education for Responsible Citizenship. Report to the European Commission of the expert group on science education (Europäische Komission, Hrsg.). Directorate-General for Research and Innovation.

Konferenz der Kultusminister der Länder (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.). München.

Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W. & Soloway, E. (1994). A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-Based Instruction. The Elementary School Journal, 94 (5).

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Sawada, D., Piburn, M. D., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R. et al. (2002). Measuring Reform Practices in Science and Mathematics Classrooms. The Reformed Teaching Observation Protocol. School Science and Mathematics, 102 (6), 245–253.

Schmitt, A.-K. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos.

Wee, B., Shepardson, D., Fast, J. & Harbor, J. (2007). Teaching and Learning About Inquiry. Insights and Challenges in Professional Development. Journal of Science Teacher Education, 18 (1), 63–89.

Tobias Winkens
Simon Goertz
Heidrun Heinke

RWTH Aachen University

Variablensalat im Experiment: Ansätze zur Förderung der Variablenkontrolle

Motivation

Das Beherrschen der Variablenkontrollstrategie (VKS) stellt eine wichtige experimentelle Kompetenz im Bereich der prozessbezogenen Kompetenzen dar. Sie ist daher ein zentraler Baustein der naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. Theyßen et al., 2016, S. 27). Zur Förderung der Fähigkeit der gezielten Kontrolle von Variablen bei der Planung und Durchführung von Experimenten wurden unter den Rahmenbedingungen der Plattform FLexKom[1] (**F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen; vgl. Goertz et al., 2019) drei Lernzirkelstationen entwickelt. Ihr Design basiert auf ersten schulischen Erfahrungen mit einer anderen Station zur Förderung der VKS und berücksichtigt insbesondere die dabei offenbarten Schwierigkeiten von SuS beim Erkennen konfundierter Experimente (vgl. Klein, 2018, S. 59). Alle drei entwickelten Stationen thematisieren deshalb dieselben, teils konfundierten Experimente, die den Schülerinnen und Schülern (SuS) aber in drei unterschiedlichen medialen Repräsentationen dargeboten werden. Dabei variiert einerseits die Form der Experimente, die entweder als reales Experiment von den SuS selbst durchgeführt werden oder in Form von Videos angeboten werden. Andererseits erfolgt die Anleitung der SuS entweder mit einem traditionellen Arbeitsblatt oder durch eine multimediale und interaktive Lernumgebung. Mithilfe einer qualitativen Untersuchung wurden erste Indizien gesucht, inwiefern digitale Medien gewinnbringend zur Förderung der VKS eingesetzt werden können.

Schülervorstellungen zur Variablenkontrollstrategie

Die Verwendung der Variablenkontrollstrategie beim Experimentieren ist eine Methode, um kausale Zusammenhänge in der Wissenschaft zu untersuchen (vgl. Schwichow und Nehring, 2018, S. 219). Schulz et al. charakterisieren die Anwendung der VKS als eine aktive Manipulation einer potentiellen Einflussgröße durch den Experimentator mit der anschließenden Überprüfung eines möglichen Effekts (vgl. Schulz et al., 2012, S. 18). Diese Methodik bereitet SuS der Sekundarstufe I in vielerlei Hinsicht Probleme. So spricht Schwichow von einer „fehlerhaften Vorstellung bezüglich des Ziels von Experimenten“ (Schwichow, 2015, S. 5). Dabei wollen SuS in Experimenten einen Effekt erzeugen und keine Erkenntnisse im Rahmen einer Ursache-Wirkungs-Beziehung erlangen (vgl. Hammann et al., 2006, S. 292; vgl. Schwichow, 2015, S. 5). Einen möglichen Grund führt Ehmer darauf zurück, dass Experimente für SuS lediglich bekanntes Wissen nachbilden (vgl. Ehmer, 2008, S. 28). SuS haben zudem auch im experimentellen Prozess selbst Schwierigkeiten. So sagen SuS über ein Experiment, welches mehrere veränderte Variablen beinhaltet, dass sich mit diesem eine Aussage über den Einfluss der Variablen treffen lässt (vgl. Hammann et al., 2006, S. 292f.). Der Vergleich mit einem Kontrollansatz wird von SuS nicht als notwendig angesehen, um Rückschlüsse auf einen potentiellen Variableneinfluss ziehen zu können (vgl. Carey et al., 1989, S. 518; vgl. Ehmer, 2008, S. 26). Eine weitere Schülervorstellung bezieht sich auf einen unsystematischen Umgang mit Variablen. Dabei gelingt es SuS nicht, zwischen den zu kontrollierenden Variablen und der Testvariablen zu differenzieren (vgl. Hammann et al., 2006, S. 293; vgl. Ehmer, 2008, S. 26). Einen Grund dafür sieht Schwichow darin, dass die SuS „unterschiedliche Variab-

[1] Die Online-Plattform FLexKom ist zu erreichen unter: https://www.sciphylab.de/flexkom

lenausprägungen nicht wahrnehmen“ (Schwichow, 2015, S. 5). Bei experimentellen Situationen, in denen sich zwei Ansätze in mehr als nur einer unabhängigen Variablen unterscheiden, wird von einer Variablenkonfundierung gesprochen (vgl. Schulz et al., 2012, S. 23). Gerade im Bereich der Unterstufe planen viele SuS konfundierte Experimente. In der Summe dieser Punkte erweist sich die Variablenkontrollstrategie als komplexes und schwer zu verstehendes Konstrukt für SuS (vgl. Barzel et al., 2012, S. 114).

Konzeption der Lernzirkelstationen

Inhaltliche Basis aller drei Stationen bildet die Messung von Widerständen verschiedener Konstantan-Drähte, bei denen die unabhängigen Variablen Drahtlänge und Drahtdurchmesser variiert werden. Allgemeine Idee hinter der Entwicklung ist, die SuS Übungsexperimente durchführen zu lassen, in denen durch Gegenüberstellung von kontrollierten Teilversuchen (Experiment 1 und 3) mit einem konfundierten Teilversuch (Experiment 2) widersprüchliche Schlussfolgerungen entstehen, wenn die Variablenkonfundierung in Experiment 2 nicht erkannt wird (siehe Tab. 1). Konkret bewerten die SuS im Anschluss an das Experiment 1 eine Aussage über den Einfluss der Drahtlänge, während sie nach den Experimenten 2 und 3 identische Aussagen zur Abhängigkeit des Widerstands vom Drahtdurchmesser beurteilen. Die Drähte sind so gewählt, dass die SuS verleitet werden, in den Experimenten 2 und 3 widersprüchliche Aussagen zu tätigen.

Tab. 1: Übersicht über die Experimente in allen Stationen und das Design der Stationen

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
konstante Variablen	Durchmesser	-	Länge
veränderte Variablen	Länge	Durchmesser, Länge	Durchmesser
	Hands-On-Station	Mix-Station	Video-Station
Experimente	reale Aufbauten	reale Aufbauten	Videos
Anleitung	gedruckt, nicht interaktiv	multimedial, interaktiv	multimedial, interaktiv

Die Tab. 1 zeigt im unteren Teil einen Überblick über die Ausgestaltung der Lernzirkelstation in ihren drei Varianten. Bei der Hands-On-Station führen die SuS alle Teilexperimente an realen Versuchsaufbauten durch und werden dabei durch ein klassisches Arbeitsblatt angeleitet. Für die beiden anderen Stationen sind mit dem Programm „QuizMaker“ der Firma iSpring multimediale Anleitungen mit interaktiven Elementen erstellt worden. So lassen sich Fragen und Antwortmöglichkeiten zur Anleitung hinzufügen sowie Verzweigungen zu verschiedenen Pfaden bei der Bearbeitung der Anleitung in Abhängigkeit vom Antwortverhalten herstellen. Damit ist es möglich, den SuS ein direktes Feedback zu ihren experimentellen Beobachtungen und den Schlussfolgerungen hierzu zu geben. Während bei der Video-Station die Teilexperimente auf Video aufgezeichnet wurden und von den SuS bei der Bearbeitung der Station (beliebig oft) angeschaut werden können, führen die SuS bei der Mix-Station die Experimente an realen Versuchsaufbauten selbst durch, werden aber in der beschriebenen interaktiven Weise angeleitet. Zwischenlösungen zu den einzelnen Experimenten und ihrer Interpretation wurden in allen drei Stationen durch die SuS in vergleichbarer Weise handschriftlich festgehalten.

Untersuchung der Lernzirkelstationen zur Variablenkontrollstrategie

Rahmenbedingung der Untersuchung

Um diese Stationen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit im Unterrichtseinsatz beurteilen zu können, wurde im Rahmen einer kleinen Stichprobe eine erste Untersuchung mit 22 SuS vom Gymnasium aus den Jahrgangsstufen acht und neun durchgeführt. Die Untersuchung, deren Aussagekraft damit naturgemäß begrenzt ist, zielt darauf ab, erste Indizien für ein geeignetes Setting zur Förderung der VKS zu finden.

Die Untersuchung umfasste zunächst einen Test zur Variablenkontrolle mit acht ausgewählten Testitems aus einem erprobten Test zur VKS (vgl. Schwichow, 2015, S. 153–176). Anschließend haben die SuS in Gruppen von je zwei oder drei SuS die unterschiedlichen VKS-Stationen bearbeitet, wobei die schriftlichen Ergebnisse der Experimente und ihrer Interpretation ebenso wie die Gespräche der SuS bei der Bearbeitung der Stationen durch Smartpens erfasst wurden. Im Anschluss daran wurden mit den Teilnehmern der einzelnen Stationen Stimulated Recall Interviews geführt, in denen die SuS mit ihren zuvor bearbeiteten Aufgaben sowie ihrem Vorgehen konfrontiert wurden und diese erklären sollten (vgl. Messmer, 2014, S. 3f.).

Erste Erkenntnisse der Untersuchung

Sowohl bei den Antworten auf den Arbeitsblättern der SuS als auch in den Interviews ist die Fokussierung der SuS auf die inhaltliche Komponente mehrfach aufgefallen. Lediglich eine Gruppe (der Video-Station) paraphrasierte auf die Frage des Lernziels der Station die Methode der VKS.

Die Reaktion auf das konfundierte Experiment bestätigte, dass SuS Probleme haben solche Experimente zu erkennen. Nur eine Gruppe (der Video-Station) stellte fest, dass das konfundierte Experiment keine Aussage über den Einfluss der unabhängigen Variablen zulässt. Eine Gruppe der Hands-On-Station korrigierte im Zuge des Interviews ihre Antwort aus der Bearbeitungsphase und stellte ebenfalls die fehlende Aussagekraft fest. Von allen anderen Gruppen wurde die Aussage getroffen, dass sich mit dem konfundierten Experiment 2 (siehe Tab. 1) eine Aussage über den Einfluss einer Variablen treffen lässt. Eine Schwierigkeit, die insbesondere bei den Gruppen der Hands-On-Station beobachtet wurde, betrifft das Erkennen von widersprüchlichen Aussagen, die zu den Experimenten 2 und 3 von den SuS getroffen wurden. In den multimedialen, interaktiven Anleitungen werden die SuS auf jeden Fall auf einen auftretenden Widerspruch aufmerksam gemacht. Dies deutet an, dass interaktive Anleitungen einen wesentlichen Vorteil bei der Vermittlung der VKS besitzen könnten. Grundsätzlich wurde allerdings beobachtet, dass fast alle SuS Probleme hatten, die Erkenntnisse aus der Station auf inhaltlich andere Aufgaben ähnlichen Typs zu transferieren.

Einen weiteren Aspekt stellt die Akzeptanz der Stationen bei den SuS dar. Gruppen der Video-Station haben bemängelt, dass die Schüleraktivierung ausbleibt, da dort nicht selber experimentiert wurde. Hingegen bereitete das Experimentieren den SuS der Hands-On-Station viel Freude. Die Gruppen der Mix-Station hoben zusätzlich die Feedback-Funktion der multimedialen Anleitung explizit hervor. Insgesamt deuten die Interviews darauf hin, dass die Problematik konfundierter Experimente zumindest einigen SuS der Mix-Station bewusst wurde. Dies konnte bei den anderen Stationen nicht so explizit festgestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Zur Vermittlung der VKS wurden Lernzirkelstationen entwickelt, die zwei kontrollierte Experimente mit einem konfundierten Experiment kombinieren und dabei in drei verschiedenen medialen Varianten erstellt wurden. Bei der Interpretation der Ergebnisse eines ersten Einsatzes der Stationen ist die geringe Probandenzahl und die damit einhergehende limitierte Aussagekraft der Untersuchung zu beachten. Eine eindeutige, klare Aussage zugunsten einer der Stationen lässt sich daher noch nicht treffen, jedoch zeichnen sich bereits Vorteile interaktiver Anleitungen ab. Unter Berücksichtigung des Feedbacks der SuS scheint die Station am beliebtesten zu sein, welche die positiven Aspekte der eigenen Durchführung realer Experimente mit denen einer multimedialen, interaktiven Anleitung verbindet. Um eine eindeutige Aussage über unterschiedliche (Lern-)Effekte der verschiedenen Ausgestaltungen der Lernsettings treffen zu können, bietet es sich an, auf der vorgestellten Untersuchung aufzubauen. So kann mit einer größeren Stichprobe und unter Nutzung eines Interratingverfahrens ebenso wie durch ein Pre-Post-Studiendesign die Validität der Untersuchung erhöht werden.

Literatur

Barzel, B., B. Reinhoffer und M. Schrenk (2012). „Das Experimentieren im Unterricht“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 103–127.

Carey, S., R. Evans, M. Honda, E. Jay und C. Unger (1989). „An experiment is when you try it and see if it works’: A study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge“. In: International Journal of Science Education 11 (special issue), S. 514–529.

Ehmer, M. (2008). Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse: Eine Untersuchung zur Wirksamkeit von methodischem, epistemologischem und negativem Wissen. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002469/diss_ehmer.pdf. Abgerufen: 20.08.2019.

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen.

Hammann, M., T. T. H. Phan, M. Ehmer und H. Bayrhuber (2006). „Fehlerfrei Experimentieren.“ In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU) 59.5, S. 292–299.

Klein, P. (2018). „Entwicklung eines Lernzirkels zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Sekundarstufe I - Eine erste Anwendung der neu konzipierten Plattform FLexKom“. Unveröffentlichte Masterarbeit. Aachen: I. Physikalisches Institut A der RWTH Aachen University.

Messmer, R. (2014). Stimulated Recall as a Focused Approach to Action and Thought. Processes of Teachers. www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2051. Abgerufen: 21.08.2019.

Schulz, A., M. Wirtz und E. Starauschek (2012). „Das Experiment in den Naturwissenschaften“. In: Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Hrsg. von W. Rieß, M. A. Wirtz, B. Barzel und A. Schulz. Münster: Waxmann Verlag, S. 7–13.

Schwichow, M. G. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
http://www.scientific-reasoning.com. Abgerufen: 04.04.2019.

Schwichow, M. und A. Nehring (2018). „Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 24, S. 217–233.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). „Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest“. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15.1, S. 26-48

Lars Ehlert
Oliver Tepner
Universität Regensburg

Konzept zur Öffnung geschlossener Experimentieranleitungen in Chemie

Theoretischer Hintergrund

Als zentrales Element im naturwissenschaftlichen Unterricht wird das Experimentieren zumeist in Form von Lehrerdemonstrationsversuchen sowie instruktionsorientierten Schülerexperimenten eingesetzt (Roth et al., 2006; Seidel et al., 2006; Tesch & Duit, 2004). Entsprechend geben in der PISA-Studie nur 12,8 Prozent der deutschen Schülerinnen und Schüler bei der Befragung nach den prozeduralen Lernaktivitäten an, dass sie in naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunden selbstständig Experimente entwickeln dürfen. Mit diesem Ergebnis liegt Deutschland in dieser Kategorie unter dem OECD-Durschnitt von 15,7 Prozent (Schiepe-Tiska, Rönnebeck et al., 2016). Des Weiteren zeigen die Analysen der PISA-Studie 2015, dass deutsche Schülerinnen und Schüler nach der Skala „naturwissenschaftliche Forschung bewerten und Untersuchungen planen“ im internationalen Vergleich nur den 13. Platz belegen (Schiepe-Tiska, Schmidtner et al., 2016). Diese Fähigkeiten sind laut den nationalen Bildungsstandards explizites Bildungsziel im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005). Trotz der Kritik, dass stark geöffnete Experimentierformen zu Überforderungen bei den Schülerinnen und Schülern führen können (Kirschner, Sweller & Clark, 2006), weisen aktuelle Erkenntnisse der empirischen Lernforschung vermehrt darauf hin, dass die angemessene Öffnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse sich unter anderem positiv auf den Fachwissenszuwachs, das prozedurale Wissen sowie den metakognitiven Fähigkeiten der SuS auswirken können (Blanchard et al., 2010; Bunterm et al., 2014; Kipnis & Hofstein, 2008; Sadeh & Zion, 2009). Zur Förderung einer Implementierung des selbstgesteuerten Experimentierens in die Unterrichtspraxis wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine Fortbildung zur Konzeption von selbstgesteuerten Experimenten im Chemieunterricht für Realschul- sowie Gymnasiallehrkräfte entwickelt. Hierbei soll die Planungskompetenz der Lehrkräfte bezüglich selbstgesteuerter Experimente gefördert werden. Die Planungskompetenz ist im Professionswissen der Lehrkräfte in der Domäne des fachdidaktischen Wissens (PCK) einzuordnen (Shulmann, 1986). Dabei wird mit der Fortbildungsmaßnahme intendiert die Komponenten „Plan“ und „Reflection on Action“ des Enacted PCK (ePCK) der Lehrkräfte zu schulen (Carlson & Daehler, 2019).

Ziele, Forschungsfragen und Methoden

Das Hauptziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung und Evaluierung einer eintägigen Fortbildung für Lehrkräfte des Gymnasiums und Realschule zur Förderung der Planungskompetenz hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente. Die Eignung des Fortbildungskonzepts soll mit Hilfe eines selbst entwickelten Paper-Pencil-Tests im Prä-Post-Designs empirisch überprüft werden. Die Items des Fragebogens sind auf die vermittelten Fortbildungsinhalte zugeschnitten und literaturbasiert entwickelt worden. In jedem Item wird eine konkrete Experimentiersituation aus dem Unterricht dargestellt. Aus jeweils vier Handlungsoptionen kann per Multiple-Choice–Multiple-Select gewählt werden. Die Güte des Fragebogens wird im Zuge der Pilotstudie überprüft. Außerdem werden die in der Fortbildung entwickelten Entwürfe eines selbstgesteuerten Experiments mit einem Kodiermanual analysiert. Hierbei sollen die Ergebnisse der Lehrkräfte (Experten) mit der

Planungskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden (Novizen) eines universitären Experimentierseminars verglichen werden (Seiler & Tepner, 2019).
Diese Ziele führen zu folgenden Forschungsfragen (F):

- F 1: Fördert die Maßnahme einen fachdidaktischen Wissenszuwachs der teilnehmenden Lehrkräfte im Bereich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten?
- F 2: Erfasst der neuentwickelte Test das fachdidaktische Wissen der Teilnehmer hinsichtlich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten?
- F 3: Unterscheidet sich die Planungskompetenz der Novizen und der Experten bei selbstgesteuerten Experimenten?

Fortbildungsinhalte und Strukturierungskonzept

Zu Beginn der Fortbildung erfolgt eine theoretische Verortung des Themas. Dies beinhaltet u.a. die Ziele und den Wandel des Experimentiereinsatzes sowie Wege des experimentellen Erkenntnisgewinnungsprozesses. Darüber hinaus werden Kennzeichen des selbstgesteuerten Lernens und Experimentierens aufgezeigt sowie empirische Befunde zum selbstgesteuerten Experimentieren beleuchtet. Zum theoretischen Input sind begleitend interaktive Arbeitsphasen für die Teilnehmer/innen integriert. Anschließend werden exemplarisch vier Beispielexperimente mit verschiedenen Öffnungsgraden von den Teilnehmer/innen praktisch erprobt. Des Weiteren wird im Zuge der Fortbildung anhand von Praxisbeispielen für den Unterricht ein innovatives und literaturbasiertes Strukturierungskonzept schrittweise vorgestellt. Mit diesem Konzept können einerseits selbstgesteuerte Experimente geplant und andererseits kochbuchartige Schulversuche zu selbstgesteuerten und kompetenzorientierten Schülerexperimenten mit beliebigen Öffnungsgraden modifiziert werden. Dabei werden auch praxisnahe Möglichkeiten zur Lernunterstützung beim Experimentieren, wie z.B. der Einsatz Hilfekarten oder Feedback, vorgestellt. Um die neuen Ideen in die Praxis umzusetzen, modifizieren die Teilnehmer/innen im Anschluss in Gruppenarbeit ein kochbuchartiges Experiment in ein selbstgesteuertes Experiment. Anhand eines Ratingbogens sollen sie abschließend ihre modifizierten Experimente auf ihren Offenheitsgrad einschätzen. Diese Einschätzung dient als Reflexionsgrundlage, sodass die Teilnehmer/innen ihre gesteckten Ziele bei der Modifizierung des kochbuchartigen Experiments überprüfen und diskutieren können.

Abb. 1: Strukturierungskonzept

Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte des Strukturierungskonzepts (siehe Abb. 1) dargestellt. Nach der Auswahl eines Experiments erfolgt zu Beginn der Planung die Überprüfung der Umsetzungsmöglichkeiten des Experiments mit dem Fokus auf die Einhaltung der vorgegebenen Sicherheitsbestimmungen und schulischen Rahmenbedingungen. Anschließend wird auf fachinhaltlicher Ebene ein Öffnungsgrad ausgewählt. Hierbei bestehen konsistent im ganzen Strukturierungskonzept drei Wahlmöglichkeiten zur Öffnung des Experiments (geschlossen, vorskizziert oder keine/geringe Vorgaben). Eine starke Öffnung des Fachinhalts kann beispielsweise durch eine schülerzentrierte Auswahl eines Experiments zu einem bestimmten Thema im Rahmen einer Projektarbeit erfolgen. Im nächsten Schritt werden kurze strategische Vorüberlegungen getroffen, welchen Öffnungsgrad die Phasen des Experiments aufweisen sollen. Dabei ist zu erwähnen, dass nicht alle Phasen des Experiments den gleichen Öffnungsgrad erzielen

müssen, sondern je nach Lernpotential der Lerngruppe oder unterrichtlicher Ausrichtung bestimmte Schwerpunkte auf Experimentierphasen gesetzt werden können. Im letzten Schritt werden basierend auf den kurzen strategischen Vorüberlegungen für jede Phase des Experiments konkrete methodische Umsetzungsmöglichkeiten ausgewählt. Können die Schülerinnen und Schüler in der Phase der Versuchsplanung auf ein Labormaterialienpool mit nicht zielführenden Labormaterialien zurückgreifen, kann z.B. von einem mittleren Öffnungsgrad gesprochen werden. Abschließend sollte zur Differenzierung in heterogenen Lerngruppen bei der Planung eines selbstgesteuerten Experiments beachtet werden, dass Maßnahmen zur Lernunterstützung, z.B. in Form von Hilfekarten, für die Schülerinnen und Schüler angeboten werden. Zudem soll während der gesamten Planung das Lernpotential, wie z.B. die experimentelle Kompetenz und das fachliche Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, berücksichtigt werden.

Erste vorläufige Ergebnisse der Pilotierung

Die ersten Auswertungen der Pilotstudie mit 33 Probanden weisen darauf hin, dass der selbst entwickelte Test mit einem Cronbachs Alpha von .76 reliabel zu sein scheint. Die Fortbildungsteilnehmer erreichen einen hoch signifikanten Lernzuwachs (siehe Abb. 2) mit einer mittleren Effektstärke ($t(32) = -3{,}38$, $p = .002$, $d = .59$). Die Prüfung der Validität anhand eines externen Kriteriums steht noch aus.

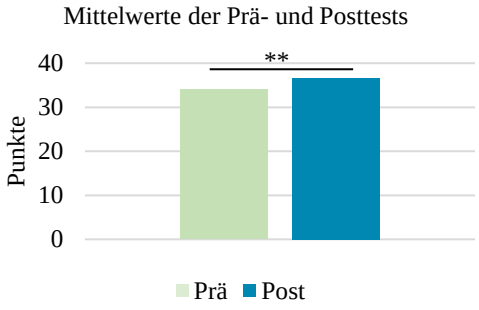


Abb. 2: Mittelwerte der Prä- und Posttests

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts werden das oben genannte Testinstrument und die Fortbildungsinhalte evaluiert und verbessert. Ab Anfang des Jahres 2020 soll die Hauptstudie beginnen.

Literatur

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, *94*(4), 577–616. https://doi.org/10.1002/sce.20390

Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J. et al. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, *36*(12), 1937–1959. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347

Carlson, J. & Daehler, K. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (77-92). Singapore: Springer Singapore.

Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The Inquiry Laboratory as a Source of Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *6*(3), 601–627. Zugriff am 07.11.2018.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T. et al. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study Statistical Analysis Report (NCES 2006-011)*. Washington, DC: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Zugriff am 22.01.2019.

Sadeh, I. & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(10), 1137–1160. https://doi.org/10.1002/tea.20310

Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. et al. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 – Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 45–98). Münster: Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Knut, N. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(6), 799–821. Zugriff am 28.01.2019.

Seiler, F. & Tepner, O. (2019). Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* .

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.

Shulmann, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15,* 4–14. Zugriff am 04.02.2019.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10,* 51–69. Zugriff am 29.01.2019.

Tobias Przywarra Universität Koblenz-Landau
Björn Risch

Der Modelleinsatz beim Schülerexperiment – Eine Prozessanalyse

Problemstellung

Fachliche Deutungen zu Phänomenen aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht weisen häufig eine so hohe Komplexität auf, dass sie für Schülerinnen und Schüler (SuS) schwer zu erfassen sind (Merzyn, 2008). Probleme entstehen vor allem dann, wenn die Deutung nicht mehr auf der Stoffebene, sondern auf der Teilchenebene erfolgt (Fischler & Lichtfeld, 1997). So sind Vorgänge auf der Teilchenebene weder mit den bloßen Sinnesorganen noch über die Beobachtung mithilfe technischer Unterstützung erfahrbar. Daraus ergeben sich eine Abstraktheit und Komplexität, die sich herkömmlichen, kausalen Erklärungsansätzen entziehen. Modelle und ihre kohärenten Vorstellungen bilden ein Konstrukt, welches eben hierfür Erklärungsansätze zu liefern versucht. Studien haben gezeigt, dass der gedankliche Übergang von der makroskopischen Ebene hin zu den Modellvorstellungen über das submikroskopische Diskontinuum für Lernende schwer nachzuvollziehen ist (Özmen, 2011a; Kirman Bilgin, Demircioğlu Yürükel & Yiğit, 2017). Zudem wurde festgestellt, dass Lernende jeden Alters, sogar Studierende der Chemie, über diverse alternative Vorstellungen zum Teilchenmodell verfügen (Andersson, 1990; Aydeniz & Kotowski, 2012; Yan & Talanquer, 2015; Kirman Bilgin et al., 2017). Auch wenn diese Probleme schon lange bekannt sind, wurden sie bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst und werden noch weiterhin in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung behandelt (Bittorf, Hallier, Busch & Sieve, 2017; Sieve, Graulich, Caspari & Bittorf, 2017; Thomas, Struckmeier & Sieve, 2017). Dabei sind submikroskopische Teilchenvorstellungen für ein Verständnis der Theorien und Prinzipien des naturwissenschaftlichen Unterrichts grundlegend. Eine Ursache für die vorherrschenden Schwierigkeiten liegt in der Natur der Denkweisen des Chemieunterrichts (Christen, 1990). Die Eigenschaften eines Stoffs werden dadurch erklärt, dass dieser aus bestimmten Teilchen aufgebaut ist. Diesen Teilchen und ihren Verbünden werden wiederum eigene, spezielle Merkmale zugeschrieben. Die Charakteristika der Stoffe ergeben sich also grundsätzlich aus den Eigenschaften der Teilchenkollektive, die den Stoff in der jeweiligen Form ausmachen. Dadurch stellt die Betrachtungsweise der Phänomene eine durchweg wechselseitige Beziehung von Stoff- und Teilchenebene dar. Diese duale Art der Betrachtung ist für Denkweisen in der Chemie kennzeichnend (ebd.).

Gegenwärtiger Forschungsstand zum Modelleinsatz

Im Schulalltag erfolgt die Teilchenvisualisierung in der Regel durch Abbildungen bzw. Bildfolgen oder haptische Modelle, wie zum Beispiel Gittermodelle (Ostermann, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ropohl & Schwanewedel, 2019). Besonders der Einsatz haptischer Modelle bezieht sich dabei fast ausschließlich auf statische Zustände. Bislang sind in der Literatur nur wenige haptische Modelle zu chemischen Prozessen beschrieben. Zur Veranschaulichung von Prozessen sind Abbildungen aus Schulbüchern das gängige Medium (ebd.). Illustrationen von Teilchenvorstellungen haben sich als lernwirksam in Bezug auf die Generierung mentaler Modelle zum Teilchencharakter der Materie herausgestellt (z.B. Sanger, 2000). Jedoch erweisen sich deskriptive Illustrationen weder im Hinblick auf emotionales noch auf kognitives Interesse als vorteilhaft gegenüber dem Arbeiten mit erklärenden Texten (Harp & Mayer, 1997). Digitale Lernanimationen zeigen im direkten Vergleich zu statischen Abbildungen eine höhere Lernwirksamkeit (z.B. Höffler & Leutner, 2007). Eine moderne Form der Darbietung von Animationen stellt Augmented Reality (AR)

dar. Die virtuellen Objekte zeigen Informationen an, die der Benutzer nicht mit seinen eigenen Sinnen erfassen kann (Azuma, 1997). Augmented Reality verbessert die Wahrnehmung und Interaktion der Benutzer mit der realen Welt (ebd.). Diese beiden Charakteristika prädestinieren AR dazu, das Teilchenmodell für SuS erfahrbar zu machen. Auch konnte in diversen Studien gezeigt werden, dass Augmented Reality SuS zum Lernen anregt und motiviert (Núñez, Quirós, Núñez, Carda & Camahort, 2008; Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009; Chiang, Yang & Hwang 2014). Dadurch ist zu erwarten, dass besonders bei der schwer zugänglichen Thematik der submikroskopischen Teilchenwelt den SuS das Lernen erleichtert wird und somit die Motivation der Lernenden vergleichsweise hoch ausfällt. Zusätzliche Effekte auf weitere Aspekte des Lernens wie situationales Interesse beim Arbeiten mit dem Teilchenmodell können folglich auch erwartet werden. Darüber hinaus konnten bereits Vorteile von animationsgestütztem Unterricht im Vergleich zu lehrerzentriertem, traditionellem Unterricht festgestellt werden (Özmen, 2011b). Diese betreffen vornehmlich Verbesserungen in den Bereichen Fachwissen sowie Vorstellungsänderungen zum Thema Modelle in der Chemie. Aufgrund der bisher gezeigten Vorteile birgt AR großes Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Cheng & Tsai, 2013). Die Lernwirksamkeit von unterschiedlichen Modelltypen in Bezug auf räumliches Vorstellungsvermögen und Fachwissen in chemischen Kontexten wurde bereits ausführlich untersucht (z.B. Núñez et al., 2008; Abraham, Varghese & Tang, 2010; Behmke et al., 2018). Bislang beschränkt sich die Forschung auf diesen Gebieten auf statische Zustände, wie z. B. Gitterstrukturen. Die Effekte unterschiedlicher Präsentationsformen von chemischen Prozessen und Zustandsänderungen auf die Lernwirksamkeit sind bisher noch wenig erforscht. Insbesondere der Vergleich von haptischen Modellen bzw. Abbildungen mit AR-Modellen in Bezug auf ihre Lernwirksamkeit stellt hierbei ein neues Untersuchungsgebiet dar.

Bestimmung der Modellqualität

Um die Wirkung von verschiedenen Modelltypen miteinander vergleichen zu können, müssen die unterschiedlichen Darstellungsformen in ihrer Qualität übereinstimmen. Daher bedarf es einer Beurteilung der einzelnen Modelle, um eine gleichwertige Qualität der einzelnen Interventionen im Rahmen der Vergleichsstudie gewährleisten zu können. Für naturwissenschaftsdidaktische Anschauungsmodelle gilt, dass diese stets nur so gut sind, wie ihr Einsatz im Lernprozess und die daran anschließende Modellkritik (Eschenhagen, Kattmann & Rodi, 2008). Daher gibt es in der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur keine eindeutig beschriebenen Gütekriterien, anhand derer sich die Qualität der Anschauungsmodelle bestimmen lassen kann. Eschenhagen, Kattmann und Rodi (2008) haben allgemeine Kriterien für Modelle formuliert, die zur Qualitätsbestimmung herangezogen werden könnten. Für Modelle in der Informatik sind klare Gütekriterien formuliert, anhand derer man Modelle bewerten kann (Rauh & Stickel 1997). Insgesamt lassen sich folgende Kriterien für die Qualität von Anschauungsmodellen ableiten:

1. Fachlich korrekte Darstellung der Theorien
2. Verständlichkeit des Modells für die Zielgruppe
3. Ausreichende Ausführlichkeit der dargestellten Theorien
4. Widerspruchsfreiheit der dargestellten Theorien
5. Übersichtlichkeit der Modelle
6. Redundanzfreiheit der Modelle

Um eine Basis zu schaffen, auf der die Modelle verglichen werden können, müssen die Gütekriterien quantifizierbar gemacht werden. Hierzu wird eine vierstufige Likert-Skala verwendet, um die Zustimmung zur Erfüllung der einzelnen Kriterien zu erfassen. Da die einzelnen Kriterien auf Beobachtungen mit geringem Komplexitätsgrad zurückzuführen sind, fällt die Wahl der Methode auf die des Urteils von Fachexperten (Döring & Bortz, 2016).

Forschungsprojekt

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht gilt das Arbeiten mit diversen Arten von Modellen als ein grundlegendes Anliegen (z.B. Keller, 1977; Christen, 1990). Insbesondere der Aspekt der beschränkten Wiedergabe der Realität und die damit verbundenen Grenzen der Modellvorstellungen sollen dabei im Fokus stehen (ebd.). Hier setzt das Forschungsprojekt an. Das Grundkonzept besteht darin, SuS ausgewählte Experimente zu Lösungs- und Diffusionsprozessen durchführen zu lassen. Die Erarbeitung der Deutung der Versuche auf Teilchenebene erfolgt im Anschluss auf der Basis von drei unterschiedlichen Modelltypen: Illustrative Modelle, haptisch-interaktive Modelle und digital erweiterte Modelle (AR). Im Rahmen einer Interventionsstudie mit Kontrollgruppendesign wird der Frage nachgegangen wie sich unterschiedliche Präsentationsformen chemie-bezogener Modelle auf das situationale Interesse, die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellung von SuS der Orientierungsstufe auswirken. Die Intervention besteht aus drei Doppelstunden, in denen die SuS jeweils zwei Experimente durchführen. Experimentalgruppe I erarbeitet sich die Deutungen mit haptisch-interaktiven Modellen, Experimentalgruppe II mit AR-Modellen und die Kontrollgruppe verwendet Legekarten mit Illustrationen. Die Untersuchung erfolgt hypothesengeleitet:

(H1) Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg in ihrem situationalen Interesse.
(H2) Die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellungen der verschiedenen Gruppen entwickeln sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

Die Datenerhebung erfolgt mittels Fragebögen zum Pre-, Post- und Follow-Up-Zeitpunkt. Die erworbenen Daten dienen sowohl dazu die Entwicklung der Probanden zu analysieren als auch die beiden Experimentalgruppen und die Kontrollgruppe in Hinblick auf die Hypothesen zu vergleichen.

Ablauf der Intervention

Die Probanden absolvieren drei aufeinanderfolgende Lerneinheiten, die nach den Prinzipien des Conceptual Change konzipiert sind (Strike & Posner, 1992). Pro Doppelstunde erarbeiten sich die SuS in Einzelarbeit jeweils zu einem Themenpunkt folgenden Prozess:

- Die SuS verschriftlichen und verbildlichen zunächst ihre Vorstellungen zu einem Sachverhalt um sich der eigenen Perspektive bewusst zu werden.
- Danach führen die SuS einen kontextorientierten Versuch durch, der bei unpassenden mentalen Modellen, kognitive Konflikte bei den SuS auslöst.
- Im Anschluss erfolgt die Deutung des Versuchs auf Teilchenebene mithilfe eines Modells.
- Daraufhin verbildlichen die SuS ihre Vorstellungen zum vorliegenden Sachverhalt erneut.
- Diese ersten vier Phasen werden im Transfer auf einen neuen Kontext wiederholt, um die Transferqualität der neu erworbenen Vorstellungen zu ermitteln.

In einer abschließenden Plenumsdiskussion werden die Modelle diskutiert und auf diese Weise Modellkritik geübt.

Literatur

Abraham, M., Varghese, V., & Tang, H. (2010). Using molecular representations to aid student understanding of stereochemical concepts. Journal of chemical education, 87 (12), 1425-1429.

Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. Studies in Science Education, 18 (1), 53-85.

Aydeniz, M., & Kotowski, E. L. (2012). What Do Middle and High School Students Know About the Particulate Nature of Matter After Instruction? Implications for Practice. School Science and Mathematics, 112 (2), 59-65

Azuma, R. T. (1977). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6 (4), 355-385.

Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J. & Stevens, K. (2018). Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures. Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference, 2 (1), 4-12.

Bittorf, R., Hallier, S., Busch, S., & Sieve, B. (2017). Modellieren mit Linsen und Kichererbsen. Diffusionsvorgänge auf der Teilchenebene visualisieren. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie 28 (160), 12-15.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. Journal of Science Education and Technology, 22 (4), 449-462.

Chiang, T. H., Yang, S. J., & G.-J., H. (10 2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. Journal of Educational Technology & Society, 17 (4), S. 352-365.

Christen, H. R. (1990). Chemieunterricht. Eine praxisorientierte Didaktik. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and imitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. Journal of Science Education and Technology, 18 (1), 7-22.

Eschenhagen, D., Kattmann, U., & Rodi, D. (2008). Fachdidaktik Biologie. Köln: Aulis Verlag Deubner

Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1997). Teilchen und Atome. Modellbildung im Unterricht . Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, S. 180-184.

Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. Journal of educational psychology, 89 (1), 92.

Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. Learning and instruction, 17 (6), 722-738.

Keller, G. (1977). Über das Denken in Modellen. Frankfurt am Main, Aarau: Verlag Moritz Diesterweg / Otto Salle Verlag; Verlag Sauerländer AG.

Kirman Bilgin, A., Demircioğlu Yürükel, F.N., & Yiğit, N. (2017). The Effect of a Developed REACT Strategy on the Conceptual Understanding of Students: "Particulate Nature of Matter". Journal of Turkish Science Education (TUSED), 14 (2), 65-81.

Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik–immer unbeliebter. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., & Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering Vol. 5, 271-277.

Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, R., Lindmeier, A., Ropohl, M., & Schwanewedel, J. (2019). Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? - Erste Ergebnisse einer Befragung. In C. Maurer (Hg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP).

Özmen, H. (2011a). Turkish Primary students' conceptions about the particulate nature of matter. International journal of Environmental & Science Education, 6 (1), 99-121.

Özmen, H. (2011b). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. Computers & Education 57, 1114–1126.

Rauh, O., & Stickel, E. (1997). Konzeptuelle Datenmodellierung. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner Verlagsgesellschaft.

Sieve, B., Graulich, N., Caspari, I., & Bittorf, R. (2017). Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, 28 (160), 2-7.

Strike, K., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl, & R. Hamilton, Phylosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise (S. 147-176). New York: New York Univ Press.

Thomas, J., Struckmeier, S., & Sieve, B. (2017). „Molekulares Sieben 2.0“ – vom Kontinuum zum Diskontinuum mit molekularar Küche. Chemkon 3/2017, 142–145

Yan, F., & Talanquer, V. (2015). Students' Ideas about How and Why Chemical Reactions Happen: Mapping the conceptual landscape. International Journal of Science Education 37 (18), 3066-3092.

Philipp Möhrke Universität Konstanz

Messunsicherheiten im Physikunterricht
- Befragung von Lehrkräften in Baden-Württemberg-

Einleitung

Das Durchführen von – auch quantitativen – Messungen ist ein zentraler Teil des Physikunterrichts. Die Auswertung dieser Daten kann dabei der Überprüfung von im Unterricht eingeführter Zusammenhänge oder zur Erforschung noch unbekannter Zusammenhänge dienen. Diese Daten sind immer mit Unsicherheiten behaftet, deren Betrachtung nicht einfach ausgelassen werden kann, sondern vielmehr eine fundamentale Fachmethode in der Physik darstellt. Entsprechend ist ein adäquates Verständnis von Messunsicherheit ein wichtiger Bestandteil des Verständnisses der physikalischen Erkenntnisgewinnung (Buffler, Lubben & Ibrahim, 2009) und damit auch ein wichtiges Ziel von Physikunterricht.

Darüber hinaus bieten gerade die Betrachtung und aktive Thematisierung von unsicheren Daten eine gute Lerngelegenheiten für die Vermittlung der Natur der Naturwissenschaften (Heinicke, Glomski, Priemer & Rieß, 2010). Nichtsdestotrotz werden im Physikunterricht Experimente, bei denen die Unsicherheit der erhaltenen Daten klar sichtbar wird, häufig zu Gunsten von „stabilisierten“ Experimente vermieden (Höttecke, 2013). Ein vollständiges Vermeiden des Auftretens unsicherer Messdaten ist allerdings bei der Nutzung von realen Experimenten nicht möglich. Der baden-württembergische Bildungsplan für das Gymnasium sieht im Fach Physik darüber hinaus im Bereich Bewertung explizit vor, dass die Lernenden „bei Experimenten relevante von nicht relevanten Einflussgrößen unterscheiden, Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung) [und] Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen“. Der Aufbau von Kompetenzen im Umgang mit unsicheren Daten und ihren Unsicherheiten (hier noch mit dem alten Begriff des Messfehlers bezeichnet) ist also expliziter Auftrag des Physikunterrichts. Auch zeigt eine Erhebung von Holz, dass Lehramtsstudierenden dem Thema eine hohe Relevanz für den Schulunterricht zuschreiben (Holz & Heinicke, 2019). Das von Hellwig entwickelte Sachstrukturmodell zur Behandlung des Themas Messdaten und -unsicherheiten bietet hierfür eine fundierte Basis (Priemer & Hellwig, 2016). Welche Aspekte des Themas Lehrkräfte allerdings für relevant erachten und in welchem Umfang diese in der Schule umgesetzt werden, ist bisher nur schlecht erforscht.

Forschungsdesign und – fragen

Um die Frage des Umgangs mit Messdaten und ihren Unsicherheiten im schulischen Kontext genauer zu beleuchten, wurde ein Online-Fragebogen entwickelt, welcher sowohl auf die Behandlung der verschiedenen Aspekte des Themas als auch auf den Umgang mit Unsicherheiten im Unterricht zielt. Er wurde im Sommer 2018 über die Sekretariate oder Fachschaften Physik aller baden-württembergischen allgemeinbildenden Gymnasien an die Physiklehrkräfte verschickt und konnte dann über einen Link online ausgefüllt werden. Dabei stehen folgende Fragen im Zentrum:

- In welcher Art und in welchem Umfang wird das Thema Messunsicherheiten im Unterricht behandelt?
- Welche Relevanz wird den verschiedenen Teilaspekten des Sachstrukturmodells von Lehrkräften zugeschrieben?

Fragebogen

Zur Erhebung der Einstellung der Physiklehrkräfte zu den verschiedenen Aspekten der Arbeit mit unsicheren Messwerten nach Hellwig wurde ein Online-Fragebogen mit vierstufigen likert-skalierten Items zur

- Relevanz der einzelnen Aspekte des Sachstrukturmodells
- Art der Behandlung des Themenkomplexes im Unterricht

in der Sekundarstufe 1 verwendet. Zur Bewertung der Relevanz wurden Aussagen zu den einzelnen Aspekten formuliert, welche auf einer vierstufigen Skala von „unwichtig“ bis „sehr wichtig“ bewertet werden mussten. Die Art der Behandlung wurde über Aussagen erhoben, die auf einer Skala von „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“ bewertet wurden. Eine inhaltliche Validierung der Items wurde durch zwei erfahrene Lehrkräfte sowie zwei Experten aus dem universitären Umfeld durchgeführt. Daneben wurden demografische Daten wie das Alter der Teilnehmer oder deren Berufserfahrung erhoben. Ein Beispielitem zur klassischen Bewertung der Relevanz der Ermittlung eines Ergebnisses incl. Unsicherheit aus einer Messreihe ist in Abbildung 1 gezeigt.

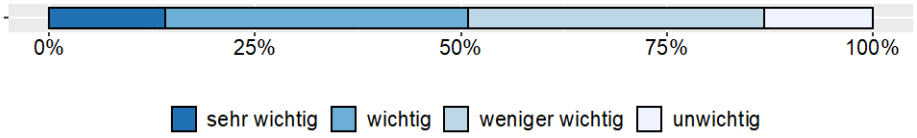


Abbildung 1: Antworten auf die Frage „Die SuS können aus einer Messreihe den Ergebniswert (Mittelwert) ermitteln und dessen Messunsicherheit (z.B. als maximale Abweichung vom Mittelwert) bestimmen.“

Ergebnisse

Der Online-Fragebogen wurde von 114 Physiklehrkräften allgemeinbildender Gymnasien in Baden-Württemberg beantwortet. Dies entspricht einer Stichprobe von 10 % alle baden-württembergischen Physiklehrkräfte. Die Stichprobe unterscheidet sich sowohl in der Altersstruktur also auch in der Geschlechterverteilung nicht signifikant von Angaben des Kultusministeriums zu den aktuell angestellten Lehrkräften. Die Stichprobe kann in diesem Aspekt also als repräsentativ angesehen werden.

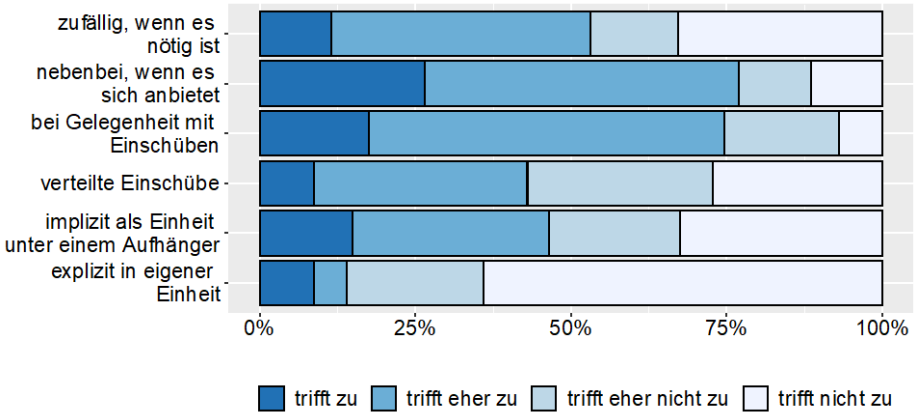


Abbildung 2: Antworten auf die Frage "Ich behandle Messunsicherheiten in meinem Unterricht ..."

Zur Art der Behandlung von Messunsicherheiten im Unterricht wurde unter anderem danach gefragt, mit welcher zeitlichen Verteilung das Thema im Unterricht behandelt wird. Dabei

waren Antworten von der zufälligen Behandlung bis hin zur Behandlung in eigenen Einheiten möglich. Mehrfachantworten waren ebenfalls möglich. Die Verteilung der Ergebnisse sind in Abbildung 2 gezeigt. Klar zu erkennen ist, dass eine Behandlung dieses zentralen Themas als eigenständige Einheit sehr selten vorkommt. Die am häufigsten gewählte Form der Behandlung findet in der Form von Einschüben statt, die – teilweise „nebenbei" – in den Unterricht eingestreut werden. Eine explizite Behandlung in Form einer eigenen Einheit bewerten nur rund 10 % der befragten Lehrkräfte als zutreffend.

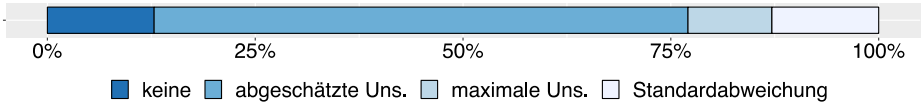


Abbildung 3: Antworten zur Frage: "Im Unterricht verwendet ich folgende Form der Unsicherheit:"

Bei der Frage nach der Art der verwendeten Unsicherheit (vgl. Abbildung 3) geben rund 60 % der befragten Lehrkräfte an, die Unsicherheit in der Sekundarstufe 1 lediglich abzuschätzen, also keine explizite Regel wie etwa die Bestimmung der maximalen Abweichung der Einzelergebnisse vom Mittelwert zu verwenden. Diese expliziten Verfahren werden nur von knapp einem Viertel der Befragten verwendet.

Die Lehrkräfte fungieren darüber hinaus bei der Durchführung von Experimenten selbst – auch bei der Verwendung oder Nichtverwendung von Unsicherheiten – als Vorbild für ihre Lernenden. Die Antworten zur Angabe einer Unsicherheit bei den Ergebnissen von Lehrerexperimenten sind in Abbildung 4 gezeigt. Nur ca. 12 % („trifft zu" und „trifft eher zu") der Lehrkräfte geben hier an, die Ergebnisse solcher Experimente durchgängig mit einer Unsicherheit anzugeben. Die große Mehrheit der Lehrkräfte verzichtet darauf.

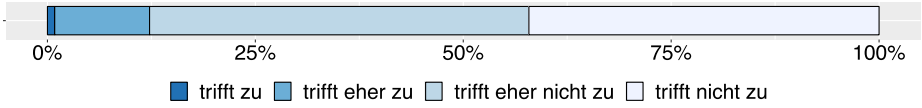


Abbildung 4: Bewertungen zu "Ergebnisse von Demonstrationsexperimenten gebe ich immer mit Unsicherheit an."

Fazit und Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass eine Behandlung von Unsicherheiten im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 in Baden-Württemberg nur in einem sehr geringen Umfang Eingang findet. Wenn eine große Mehrheit der Lehrkräfte das Thema „nebenbei" behandelt, wenn es sich anbietet, spricht dies nicht dafür, dass diesem Thema im Unterricht viel Relevanz zukommt. Dies deckt sich mit den Befunden bei der Befragung von Lehramtsstudierenden in der Studie von Holz (Holz & Heinicke, 2019). Dort zeigt sich zwar eine hohe Relevanzeinschätzung des Themas, die dann aber nicht in eine entsprechende Handlung überführt wird und so zu einer Diskrepanz zwischen dem „reasoning on action" und „reasoning in action" führt. Holz führt dies auf einen möglicherweise hohen Druck während der Untersichtsituation zurück.

Ebenfalls möglich wäre das Fehlen einer ausreichenden Kompetenz mit unsicheren Daten zu arbeiten, wie sie sich auch bei Studierenden zeigt (Heinicke & Riess 2012), oder der Mangel an Handlungsstrategien mit diesen im Unterricht adäquat zu arbeiten. Das Relevanz-Ranking der einzelnen Teilaspekte der Themenfeldes durch die befragten Lehrkräfte gibt weitere interessante Einsichten welche Aspekte überhaupt für den Unterricht in der Sekundarstufe für wichtig gehalten werden. Diese würden aber den Rahmen dieses Artikels sprengen und werden an anderer Stelle thematisiert.

Literatur

Buffler, A.; Lubben, F. & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. International Journal of Science Education, 31 (9), S. 1137-1156.

Heinicke, S. (2014). Experimentieren geht nicht ohne (Mess-)Unsicherheiten. Naturwissenschaft im Unterricht Physik: Experimentieren gestalten 144, S. 29-31.

Heinicke, S.; Glomski, J.; Priemer, B.; Rieß, F. (2010): Aus Fehlern wird man klug - Über die Relevanz eines adäquaten Verständnisses von "Messfehlern" im Physikunterricht. In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 59 (5), S. 26-33.

Heinicke, S.; Riess, F. (2012): Missing Links in the Experimental Work: Student's Actions and Reasoning on Measurement and Uncertainty. In: L. Maurines & A. Redfors (Eds.), ESERA 2011 Proceedings. Nature of Science, History, Philosophy, Sociology of Science.

Höttecke, D. (2013). A sketch of the problem of authentic inquiry-based learning form a history of science perspective. Paper presented at the Twelfth International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference (IHPST), Pittsburgh, PA.

Holz, Ch. & Heinicke, S. (2019). Unsicherheit – ein ungeliebter Gast im Physikunterricht?. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018., S. 89.

Priemer, B. & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. In: International Journal of Science and Mathematics Education 16 (1), S. 45-86.

Karel Kok Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer

Messunsicherheiten als Ausgangspunkt der Förderung im Umgang mit Daten

Forschungsstand

Die Bewertung der Qualität von Daten und ihre Interpretation sind Kompetenzen, die in schulischen und gesellschaftlichen Kontexten zunehmend an Bedeutung gewinnen (Holmes et al., 2015; Sharma, 2006; Chinn & Malhorta, 2002). Dazu zählen auch die Fähigkeiten Messunsicherheiten einzuschätzen und Messdaten miteinander vergleichen zu können. Genau hier haben Schülerinnen und Schüler häufig große Schwierigkeiten (Kok et al., 2019; Ludwig, 2017; Masnick & Morris, 2008). Gleichzeitig wird in der Schule kaum Wissen über Messunsicherheiten vermittelt (Mörke, 2020, in diesem Band; Priemer & Hellwig, 2018; Kirch, 2010), obwohl ohne die Berücksichtigung dieser keine sicheren Aussagen über Messergebnisse möglich sind (Heinicke, 2012).

Forschungsfrage

Um die Fähigkeiten von Schüler*innen im Umgang mit und bei der Auswertung von Daten zu fördern, wird daher hier zunächst die Fragestellung untersucht, welcher Zusammenhang zwischen dem konzeptuellen Wissen über Messunsicherheiten und der Fähigkeit, Daten fachlich korrekt vergleichen zu können, besteht?

Studiendesign

Zu Förderung des konzeptuellen Wissens über Messunsicherheiten wurde eine Intervention entwickelt. Mit einem Pre-Post Studiendesign wurde die Effektivität dieser Intervention überprüft.

Während der Pre- und Post-Phase wurden den Schüler*innen zwei Datenreihen vorgelegt, in welchen Daten zur Geschwindigkeit zweier Skateboards dargestellt sind, siehe Tab. 1a. Die Schüler*innen wurden dann mit folgendem Item zu einer multiple choice Vermutung mit Begründung aufgefordert: „Welches Skateboard ist auf Basis dieser Daten schneller? Skateboard A, Skateboard B, beide Skateboards sind gleich schnell. Begründe deine Entscheidung ausführlich“.

Nach dieser Datenvergleichsaufgabe wird ein Kompetenztest (nach Schulz et al., 2018) von zehn Items zur Messung der Kompetenz im Umgang mit Messunsicherheiten durchgeführt.

Das gleiche Verfahren wird im Post-Test wiederholt, nur gibt es hier neue Daten für die Skateboards, siehe Tab. 1b.

Skateboard A (m/s)	Skateboard B (m/s)
1,502	1,507
1,547	1,558
1,498	1,499
1,519	1,525
1,522	1,552
1,499	1,512

Tab. 1a: Die Daten des Pre-Test, Mittelwerte: $\bar{v}_A$= 1,5145 m/s, $\bar{v}_B$ = 1,5255 m/s

Skateboard A (m/s)	Skateboard C (m/s)
1,502	1,488
1,547	1,539
1,498	1,480
1,519	1,506
1,522	1,533
1,499	1,493

Tab. 1b: Die Daten des Post-Test, Mittelwerte: $\bar{v}_A$= 1,5145 m/s, $\bar{v}_C$ = 1,5065 m/s

Nach dem Pre-Test findet die Intervention auf einer digitalen Plattform statt. Hier werden die Inhalte anhand von sechs Videos, die zwischen ein und drei Minuten dauern, vermittelt. Die Inhalte sind zugespitzt auf die Teilkonzepte: *Existenz von Messunsicherheiten*, *Direktes Messen* und *Vergleich von Messwerten* (nach Priemer & Hellwig 2018). Das erste Video zeigt die verschiedenen Ursachen von Messunsicherheiten; das zweite erklärt den Prozess wiederholten Messens; das dritte zeigt die Berechnung eines Mittelwerts; das vierte zeigt die Berechnung einer quantitativen Unsicherheit; das fünfte diskutiert die Bedeutung eines Unsicherheitsintervalls und das sechste erklärt, wie man zwei Messergebnisse miteinander vergleicht.
Nach jedem Video gibt es zwei bis vier Übungsaufgaben, wobei die Schüler*innen Feedback sowohl bei falschen als auch bei richtigen Antworten auf ihre Antworten bekommen.

Ergebnisse der Pilotierung
Bei der Pilotierung dieser Intervention haben $n = 61$ Schüler*innen aus zwei zehnten und zwei elften Klassen an drei Gymnasien in Berlin teilgenommen.
Die Verteilungen der Vermutungen in der Datenvergleichsaufgabe der Pre- und Post-Tests der Schüler*innen sind in Tab. 2 dargestellt. Diejenigen Schüler*innen, die in ihrer Vermutung das Skateboard mit dem kleinsten Mittelwert der Geschwindigkeit auswählten (Skateboard A im Pre-Test und Skateboard C im Post-Test), haben die Daten falsch interpretiert. Dies zeigte sich in ihren Begründungen: „*Das Skateboard C ist schneller, da das arithmetische Mittel kleiner ist als das vom Skateboard A.*“. Diese Schüler*innen haben entweder nicht verstanden, dass eine kleinere Geschwindigkeit ein langsameres Skateboard bedeutet, oder sie haben die Daten vielleicht als z.B. Zeitangaben interpretiert.

Vermutung:	größter Mittelwert	kleinster Mittelwert	gleichschnell
Pre-Test	72 % (Skateboard B)	20 % (Skateboard A)	8 %
Post-Test	67 % (Skateboard A)	23 % (Skateboard C)	10 %

Tab. 2: Die Vermutungsverteilung der Datenvergleichsaufgabe

Die Begründungen sind doppelt kodiert mit einer guten bis ausgezeichneten Intercoderreliabilität, $\kappa = 0{,}82$. Hier stellt sich heraus, dass die Schüler*innen sich im Post-Test sehr stark (70 %) auf einen Mittelwertvergleich beziehen, sogar noch stärker als im Pre-Test (58 %). Der Paarvergleich von Einzelwerten reduziert sich im Post-Test (10 %) im Vergleich zum Pre-Test (23 %). Der Bezug auf ein quantitatives Maß von Messunsicherheiten ändert sich nicht signifikant vom Pre-Test (5 %) zum Post-Test (8 %).

Der Score-Unterschied des Kompetenztests zwischen Pre- und Post-Erhebung ist signifikant mit einem mittelstarken Effekt ($p < 0{,}001$, $r = 0{,}37$). Im Durchschnitt werden im Post-Test (im Vergleich zum Pre-Test) 1,7 Aufgaben mehr korrekt gelöst, siehe Abb. 1.

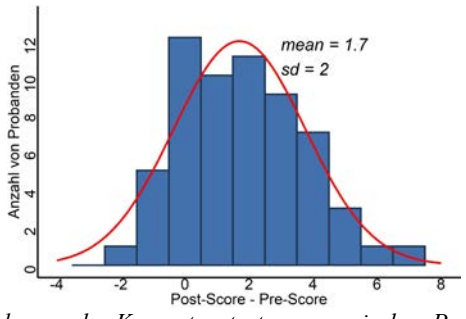


Abb. 1: Die Änderung der Kompetenztestscores zwischen Pre- und Post-Test

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass der Transfer von konzeptuellem Wissen, so wie in den Kompetenztests erfasst, auf die Fähigkeit Daten fachlich korrekt zu vergleichen, keinen positiven oder sichtbaren Einfluss hat.

Anderseits zeigen ähnliche Aufgaben im Kompetenztest wie z.B. eine Aufgabe, in der die Schüler*innen ein Messergebnis von $g = (9{,}3 \pm 0{,}3)\ \mathrm{m/s^2}$ mit ein Referenzwert von $g_{\mathrm{ref}} = 9{,}806\ \mathrm{m/s^2}$ vergleichen sollen, dass diese durch 52 % der Schüler*innen richtig beantwortet werden. Eine Aufgabe, wo zwei grafisch dargestellte Messergebnisse miteinander verglichen werden, wird sogar durch 75 % der Schüler*innen richtig beantwortet.

Diese Diskrepanz ist erstaunlich.

Eine Erklärung dazu ist, dass der Transfer von konzeptuellem Wissen auf die Fähigkeit Daten korrekt miteinander zu vergleichen, eine zu große Anforderung darstellt. Hierfür können sprachliche oder inhaltliche Ursachen verantwortlich sind. Sprachlich wird in der Intervention und im Kompetenztest z.B. häufig über die „Verträglichkeit“ von Messergebnissen gesprochen, wo hingegen es sich in der Datenvergleichsaufgabe um „schneller“ und „gleich schnell“ handelt. Inhaltlich kann es sein, dass die Schüler*innen zu wenig geübt haben und auf ihren Automatismus Mittelwerte miteinander zu vergleichen, zurückgreifen.

Um die Diskrepanz weiter zu untersuchen, wird eine Studie mit Interviews geplant. Hier sollen Schüler*innen befragt werden, was sie während der Intervention gelernt haben, was sie für den Vergleich von Messreihen als relevant erachten und wie das ihre Vermutung beeinflusst. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wird die Intervention weiterentwickelt.

Fazit dieser Pilotstudie ist, dass für die Gestaltung einer Lehrumgebung zum Umgang mit Messunsicherheiten die Konzepte und Aufgaben sehr genau ausgewählt und eindeutig formuliert werden müssen. Somit entstünde eine gute Passung zwischen Konzepten und Datenvergleichsaufgaben, was zu einem erfolgreichen Transfer zwischen beiden führen kann.

Literatur

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, *86*(2), 175–218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

Heinicke, S. (2012). *Aus Fehlern Wird Man Klug: Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des Messfehlers*. Logos Verlag Berlin GmbH.

Holmes, N. G., Wieman, C. E. & Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(36), 11199–11204. https://doi.org/10.1073/pnas.1505329112

Kirch, S. A. (2010). Identifying and resolving uncertainty as a mediated action in science: A comparative analysis of the cultural tools used by scientists and elementary science students at work. *Science Education*, *94*(2), 308–335. https://doi.org/10.1002/sce.20362

Kok, K., Priemer, B., Musold, W. & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better? *Physical Review Physics Education Research*, *15*(1), 010103. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103

Ludwig, T. (2017). *Argumentieren beim Experimentieren in der Physik—Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren* (Humboldt-Universität).

Masnick, A. M. & Morris, B. J. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. *Child Development*, *79*(4), 1032–1048. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01174.x

Moerke, P. (2020). Messunsicherheiten im Physikunterricht—Befragung von Lehrkräften in Baden-Württemberg. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen.

Priemer, B. & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(1), 45–68. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0

Schulz, J., Priemer, B. & Masnick, A. (2018). Development of an Assessment Tool to Probe Student's Understanding of Measurement Uncertainties. *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference*, 1458–1467. Dublin, Ireland: Dublin City University.

Sharma, S. V. (2006). High School Students Interpreting Tables and Graphs: Implications for Research. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(2), 241–268. https://doi.org/10.1007/s10763-005-9005-8

Florian Trauten
Carolin Eitemüller
Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie

Theoretischer Hintergrund

Der Übergang von der Schule zur Hochschule stellt die Studierenden vor eine Vielzahl von Herausforderungen (Inaltun et al., 2013). Ein Unterschied ist, dass Hilfestellung bzw. Feedback – sei es von der Lehrperson oder von anderen Studierenden –nun aktiv eingefordert werden muss (Rost, 2012). Doch mit dem Hilfesuchen geht eine weitere Herausforderung einher. Probleme müssen selbstständig erkannt und in Fragen gefasst werden, was ein adäquates Maß an Vorwissen voraussetzt (Jacobs, 1998), um den Problemgegenstand dem Gegenüber adäquat darlegen zu können. Viele Abbrechende berichten in diesem Zusammenhang auch von Schwierigkeiten ein gutes Verhältnis zu Lehrenden und Kommilitonen aufzubauen. Die hohen Abbruchquoten in Chemiestudiengängen an deutschen Universitäten von ca. 42 % seit 2006 verdeutlichen noch einmal, dass es nur einem Teil der Studierenden gelingt diese anfänglichen Hürden zu meistern. So wird Feedback an Hochschulen besonders selten von Studierenden aus der Gruppe der Studienabbrechenden in Anspruch genommen (Heublein et al., 2017). Dies geht einher mit dem Befund, dass fachliche Defizite, die nicht in der Studieneingangsphase aufgearbeitet werden, den Studienabbruch begünstigen. So konnte speziell für das erste Semester des Bachelorstudiengangs Chemie (belegt am Beispiel der Universität Duisburg-Essen und der Ruhr-Universität Bochum) gezeigt werden, dass Defizite im Vorwissen, bedingt durch die Kurswahl in der Oberstufe, durch bereits bestehende Lernangebote an Universitäten zurzeit nicht kompensiert werden (Averbeck et al., 2017).

Mit Feedback als einem der effektivsten Einflussfaktoren auf Lernprozesse (Hattie & Timperley, 2007) könnte man hier steuernd entgegenwirken. Mithilfe einer Online-Lernumgebung ließen sich – bei vorhandener Leistungsbereitschaft – auch die oben beschriebenen Hürden weitgehend überbrücken, gleichzeitig würde ein zeitlich und räumlich überwiegend unabhängiges Lernangebot entstehen. Einige Befunde aus der Feedback-Forschung belegen, dass insbesondre vorwissensschwachen Lernenden über informatives tutorielles Feedback (ITF) effektiv Hilfestellung gegeben werden kann (Jacobs, 1998; Narciss & Huth, 2006). ITF Komponenten schließen dabei unter anderem detaillierte Informationen über gemachte Fehler und prozedurale Hilfestellungen zum Lösungsprozess mit ein. So erhalten in einer entsprechend konstruierten Lernumgebung auch vorwissensschwache Studierende, welche laut Heublein et al. (2017) einen akuten Feedbackbedarf aufweisen sowie zurückhaltenden Studierende durch informatives tutorielles Feedback im Lösungsprozess die Möglichkeit, aus ihren Fehlern zu lernen und Lücken im Vorwissen zu schließen, ohne selbst den Problemgegenstand verbalisieren zu müssen. Wenngleich Studien bislang den genauen Einfluss auf einen Zusammenhang von Vorwissen auf die Wirksamkeit und den Umfang von ITF-Komponenten nicht hinreichend klären konnten (Stark & Mandl, 2009; Smits et al., 2008), deutet die Feedback-Forschung in chemienahen Fächern darauf hin, dass es einen solchen Zusammenhang gibt (Albacete & VanLehn, 2000, Narciss et al., 2006). Detailliertes Feedback, reich an ITF-Komponenten, soll in diesem Zusammenhang besonders

vorwissensschwachen Lernenden helfen. Narciss et al. (2006) hat hierzu einen Bug-Related-Tutoring (BRT) Feedback-Algorithmus entwickelt, der reich an ITF Komponenten ist. Korrektives Feedback wird hingegen besonders bei vorwissensstarken Lernenden als effektiv eingeschätzt (Smits et al., 2008). Dieses berichtet dem Rezipienten nur, dass es Fehler gibt und letztlich nach entsprechend vielen Fehlversuchen das korrekte Ergebnis.

Fragestellung

Diese Arbeit soll dazu dienen, die Feedback-Forschung im Fach Chemie weiterzubringen, indem sie die Frage behandelt, ob es in Abhängigkeit vom Vorwissen Feedback-Typen gibt, die sich besonders effizient zur Förderung des Fachwissens im Bereich der Allgemeinen Chemie eignen. Zum kontrollierten Vergleich der beiden Feedback-Algorithmen (BRT vs. KOR) wurde eine Online-Lernumgebung eingerichtet, die feedbackgestützte Lernaufgaben zum Selbststudium enthält. So wird durch einen Vergleich des ITF-reichen BRT-Algorithmus mit einem dreistufigen Algorithmus, der lediglich korrektives (KOR) Feedback zur Verfügung stellt, überprüft, ob vorwissensschwache Studierende einen höheren Lernzuwachs durch Arbeit mit dem BRT-Algorithmus als durch die Arbeit mit dem KOR-Algorithmus erzielen. Fraglich ist zudem, ob sich im Vergleich zum BRT-Algorithmus die Arbeit mit dem KOR-Algorithmus für vorwissensstarke Studierende als vorteilhaft erweist.

Methode

Zum Vergleich der Wirksamkeit der beiden Feedback-Algorithmen ist eine Interventionsstudie im 2x2-Design für das Wintersemester 19/20 geplant. Die Studierenden werden entsprechend ihrer Kurswahl, die als guter Prädiktor für Vorwissen gilt (Averbeck et al. 2017), in zwei Teilstichproben aufgeteilt (hohes/ niedriges Vorwissen) und dann gleichmäßig zufällig auf die beiden Lernumgebungen BRT und KOR verteilt. Die Aufgaben, an die einer der beiden Feedback-Algorithmen gekoppelt wird, sind identisch. Variiert wird lediglich der Umfang des Feedbacks (BRT vs. KOR). Neben verschieden psychometrischen Kontrollvariablen, wie z.B. kognitiven Fähigkeiten, wird vor Beginn der Intervention ein Chemie Fachwissenstest (Freyer et al., 2013) durchgeführt. Nach dem Semester, in dem die Studierenden wöchentlich zu je einem der jeweils in der Vorlesungswoche behandelten Themenbereiche ein Set an feedbackgestützten Online-Aufgaben bekommen, wird erneut der Chemie Fachwissenstest durchgeführt. Zusätzlich werden die Klausurergebnisse und die Punktzahlen der jeweiligen Teilaufgaben erhoben. Mit den so gewonnenen Daten soll eine Aussage über die Lernwirksamkeit des jeweiligen Algorithmus in Abhängigkeit vom Vorwissen ermöglicht werden. Im Rahmen einer Vorstudie im WiSe 18/19 (N = 104) mit demselben Design wurden bereits 78 feedbackgestützte Online-Lernaufgaben zu insgesamt 13 Lernzielen pilotiert.

Ergebnisse der Pilotierung

Es liegen insgesamt $N = 81$ vollständige Datensätze von Studierenden vor, die am Prä- und Post-Test teilgenommen haben und die Klausur mitgeschrieben haben. Die Bearbeitung der Online-Aufgaben war freiwillig. Die Zugehörigkeit zur Interventionsgruppe (IG) wurde daher an die Bedingung geknüpft, dass mindestens 5 der 13 Aufgabensets mit mindestens 2 Aufgaben bearbeitet sein mussten. Daraus wurden 43 auswertbare Fälle für den Vergleich der beiden Algorithmen im Rahmen der Pilotierung erhalten. Die Übrigen wurden als Vergleichsgruppe ($n_{VG} = 38$) genutzt. Vergleicht man die VG hinsichtlich des Klausurergebnisses (50 Punkte Bestehensgrenze) mit denjenigen, die hinreichend viele

Online-Aufgaben bearbeitet haben, so stellt man fest, dass die IG im Mittel (M = 58.4, SD = 16.4) signifikant besser abschneidet als die VG (M = 41.9, SD = 20.0), die im Mittel die Klausur nicht bestanden hat ($t(79) = 4.069$, $p < .001$, $d = 0.901$). Betrachtet man die IG genauer in Bezug auf den Einfluss des jeweils vorliegenden Feedback-Algorithmus, so lässt sich über die gesamte Stichprobe zwar ein signifikanter Wissenszuwachs finden ($b_{KOR} \approx b_{BRT} = 0.81$, $t(39.17) = 5.55$, $p < .001$), jedoch konnte kein Vorteil eines Algorithmus gefunden werden. Ein Mehrebenen-Regressionsmodell für die Teilstichprobe früherer Grundkursschülern/-innen (n = 19) zeigt jedoch einen signifikanten Vorteil für den BRT-Algorithmus auf ($b_{BRT} - b_{KOR} = 0.83$, $t(14.65) = 3.12$, $p < .01$). Für frühere Leistungskursschüler/-innen (n = 17) lässt sich entgegen den Erwartungen vorläufig kein Vorteil für den KOR-Algorithmus aufzeigen ($b_{KOR} \approx b_{BRT}$=1.15, $t(15.72) = 6.05$, $p < .001$). In einem entsprechenden Mehrebenen-Regressionsmodell wurde für eine statistische Power von $1 - \beta = .80$ für die Aufdeckung von mittleren Effekten der Stärke $f^2 = .15$ (Faul et al., 2009) inklusive Korrektur für hierarchische Datenstrukturen ein n von 42 Probanden pro Teilstichprobe (hohes/ niedriges Vorwissen), also ein $N_{min} = 84$ erhalten.

Diskussion und Ausblick

Die Pilotierung der feedbackgestützten Online-Lernaufgaben hat zufriedenstellende Ergebnisse in Bezug auf die Güte und Lernwirksamkeit der Aufgabenstämme und Anregungen zur Optimierung der Aufgabengeliefert. Das Lernen mit den Online-Aufgaben führt, ungeachtet dessen welcher Algorithmus genutzt wurde, zu signifikant besseren Klausurergebnissen. Als weiterer motivationaler Anreiz zur Bearbeitung der Lernaufgaben konnte für die Hauptstudie ein Bonuspunktesystem für die Klausur eingerichtet werden, das an den Lernfortschritt in der Online-Lernumgebung geknüpft ist. So soll gewährleistet sein, dass die Stichprobengröße über das Semester konstant gehalten werden kann.

Der dreistufige BRT-Feedback-Algorithmus von Narciss et al. (2006) wurde ursprünglich für einfache Mathematikaufgaben konstruiert. Dieser sieht fehlerspezifisches Feedback erst nach dem zweiten Lösungsversuch vor. In der ersten Feedback-Stufe gibt es lediglich korrektives Feedback. Hinweise zum Fehlerort oder Hilfestellung zum Vorgehen werden erst nach dem zweiten Lösungsversuch zur Verfügung gestellt. Bei den vergleichsweise recht komplexen Aufgaben der Allgemeinen Chemie führte dies häufig zu Korrekturen durch Raten. Dem ursprünglichen Fehler wurde dabei nicht selten ein weiterer hinzugefügt. Aus diesem Grund wird der BRT-Algorithmus in der Hauptstudie bereits im ersten Feedback fehlerspezifisches Feedback bereitstellen. So soll ein besseres Lernen aus Fehlern ermöglicht und außerdem Frustration durch zu späte Hilfestellung vermieden werden.

Literatur

Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D. & Brand, M. (2017). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In: C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 83-87). Universität Regensburg.

Albacete, P.L. & VanLehn, K.A. (2000): Evaluating the Effectiveness of a Cognitive Tutor for Fundamental Physics Concepts. In: Proceedings of the Cognitive Science Society 2000. Retrieved from http://escholarship.org/uc/item/0166b7p0

Müller, A., Ditton, H. (2014). Feedback: Begriff, Formen und Funktionen. In: Ditton, H., Müller, A. (Hrsg.), Feedback und Rückmeldungen. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder. (S. 11-28). Münster: Waxmann.

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behavior Research Methods, 41, 1149-1160.

Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie (Band 156). Berlin: Logos.

Hattie, J. & Timperley, H. (2016). The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77 (1), 81–112. DOI:10.3102/003465430298487

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Hannover: DZHW.

Inaltun, H., Irmak, M., Yanis, H. & Ercan, J. (2013). Investigating differences in preservice science teachers' resource management strategies in preparing laboratory report. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 116, 4140-4144.

Jacobs, B. (Medienzentrum der Philosophischen Fakultät der Universität Saarbrücken, Hrsg.). (1998). Aufgaben stellen und Feedback geben. Zugriff am 04.07.2018. Verfügbar unter http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/feedback/index.htm

Krause, U.-M., Stark, R. & Mandl, H. (2009). The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics. Learning and Instruction, 19 (2), 158–170. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.003

Narciss, S. & Huth, K. (2006). Fostering achievement and motivation with bug-related tutoring feedback in a computer-based training for written subtraction. Learning and Instruction, 16(4), 310–322. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2006.07.003.

Rost. (2018). Lern- und Arbeitstechniken für das Studium. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Smits, M.H.S.B., Boon, J., Sluijsmans, D.M.A. & van Gog, T. (2008). Content and timing of feedback in a web-based learning environment: Effects on learning as a function of prior knowledge. Interactive Learning Environments, 16(2), 183–193.

Ines Komor[1]
Helena van Vorst[2]
Elke Sumfleth[1]
Julian Roelle[3]
Eckart Hasselbrink[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität zu Köln
[3]Ruhr-Universität Bochum

Symbolisch-mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie

Theoretischer Hintergrund

In den Naturwissenschaften kommt dem Prozess des Modellierens, der Nutzung bereits bestehender Modelle sowie der Verwendung mathematischer Begriffe, Denk- und Arbeitsweisen eine entscheidende Bedeutung zu (Harrison & Treagust, 2000; Höhner, 1996). Dabei spielen insbesondere in der Physikalischen Chemie symbolisch-mathematische Repräsentationen, wie zum Beispiel Gleichungssysteme, und komplexe mathematische Operationen, wie Integral- und Differentialrechnung, eine wichtige Rolle (Atkins & de Paula, 2010; Dickmann, Opfermann, Dammann, Lang & Rumann, 2019). Dieser Prozess des mathematischen Modellierens kann mit Hilfe eines Kreislaufmodells (adaptiert nach Goldhausen, 2015) dargestellt werden (siehe Abb. 1).

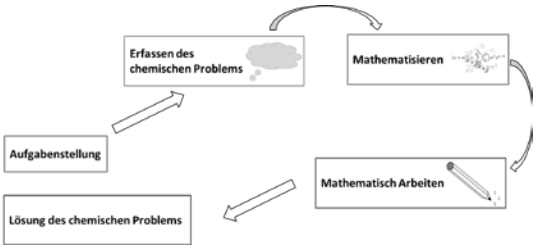


Abb. 1: Prozess der mathematischen Modellierung in der Chemie (adaptiert nach Goldhausen, 2015).

Ausgehend von einer typischen Aufgabenstellung aus der Physikalischen Chemie müssen Lernende im Schritt des Erfassens des chemischen Problems zunächst die zugrundeliegende Fragestellung verstehen. Anschließend folgt der Schritt des Mathematisierens. Hierbei werden chemische Zusammenhänge in mathematische Formeln übersetzt und somit ein mathematisches Modell des chemischen Problems entwickelt. Innerhalb dieses Modells muss dann mathematisch gearbeitet werden. Dies umfasst beispielsweise das Umformen oder Zusammenführen von Formeln und das Berechnen von Werten. Im finalen Schritt der Lösung des chemischen Problems wird das erhaltene mathematische Ergebnis auf das ursprüngliche chemische Problem zurückbezogen. Sämtliche Fähigkeiten, die benötigt werden, um den vorgestellten Kreislauf erfolgreich durchlaufen zu können, werden in diesem Projekt zusammenfassend als *symbolisch-mathematisches Modellverständnis* definiert. Dazu zählt auch das Metawissen über den Modellierungsprozess.

Trotz der hohen Relevanz des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses für das Fach Chemie haben Lernende im Chemieunterricht in der Schule und in der Allgemeinen Chemie in der Studieneingangsphase an der Hochschule häufig Schwierigkeiten beim Durchlaufen des mathematischen Modellierungskreislaufs (Goldhausen, 2015; Kimpel, 2017). In Bezug auf die Physikalische Chemie konnte in einer qualitativen Interviewvorstudie zur Untersuchung der

schwierigkeitserzeugenden Modellierungsschritte gezeigt werden, dass Studierende vor allem beim Schritt der Mathematisierung Schwierigkeiten haben und große Defizite hinsichtlich notwendiger mathematischer Fähigkeiten aufweisen (Komor, van Vorst & Sumfleth, 2018). Zusätzlich sind typische Aufgaben aus der Physikalischen Chemie in der Regel komplex und erfordern die Kombination mehrerer mathematischer Formeln. Hier kann das Metawissen über den Kreislauf als Leitfaden für die Aufgabenbearbeitung eine Struktur vorgeben. Somit ergibt sich als zentrales Ziel dieser Studie die Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses mithilfe eines Trainings. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Lösungsbeispiele, bestehend aus einer Problemstellung und einer kleinschrittig dargebotenen Expertenlösung eingesetzt, weil diese sich gerade für Lernende in frühen Lernphasen als förderlich erwiesen haben (Renkl, 2014). Zur Evaluation der Effektivität des Trainings muss zusätzlich ein Diagnoseinstrument zur Messung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses entwickelt werden.

Forschungsfrage

Vor diesem Hintergrund ergeben sich in Bezug auf das Diagnoseinstrument zur Messung und auf das beispielbasierte Lernmaterial zur Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses die folgenden Forschungsfragen:

FF1 Eignet sich das entwickelte Diagnoseinstrument zur Erhebung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses?

FF2 Lässt sich das symbolisch-mathematische Modellverständnis mit Hilfe eines beispielbasierten Trainings fördern?

Studiendesign

Das geplante Dissertationsprojekt ist Teil eines übergreifenden Projekts zur Förderung des Modellverständnisses in Chemiestudiengängen. Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurde eine Interventionsstudie im Switching-Replications-Design mit einer zusätzlichen Kontrollgruppe durchgeführt. Als Stichprobe (N = 57) diente die Gesamtkohorte der Studierenden im 2. Fachsemester der Bachelorstudiengänge Chemie und Water Science an der Universität Duisburg-Essen im Sommersemester 2019. Die Studierenden wurden randomisiert einer von drei Bedingungen zugewiesen (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Studiendesign von Experiment I.

Zeitraum	Interventionsgruppe I	Interventionsgruppe II	Kontrollgruppe
1. und 2. Woche	Prä-Test		
3. und 4. Woche (je 90 min)	Training zum ikonischen MV	Training zum symbolisch-mathematischen MV	Training zu Präsentationstechniken
5. und 6. Woche	Posttest I		
7. und 8. Woche (je 90 min)	Training zum symbolisch-mathematischen MV	Training zum ikonischen MV	Training zu Präsentationstechniken
9. und 10. Woche	Posttest II		

Die Kontrollgruppe erhielt ein fachunabhängiges Training zu wissenschaftlichen Präsentationstechniken. Interventionsgruppe I bearbeitete zunächst ein Training zum ikonischen Modellverständnis, das im Rahmen eines weiteren Dissertationsprojekts entwickelt wurde und auf das hier nicht näher eingegangen werden soll (siehe dazu Bille et al. in diesem Band). Sie dient im Rahmen der Auswertung dieses Beitrags als Kontrollgruppe. Interventionsgruppe II erhielt zunächst das Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis. In einem zweiten Durchgang wurden die Versuchsbedingungen der beiden Interventionsgruppen getauscht, sodass auch in Interventionsgruppe I das Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis durchgeführt wurde, um die Stichprobe zu

vergrößern. Die Trainings zum ikonischen Modellverständnis und zu den Präsentationstechniken dienten als Kontrollbedingung. Das entwickelte Diagnoseinstrument zur Evaluation des Trainings besteht aus 39 Multiple-Choice-Single-Select-Items. Die Items wurden in Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Fähigkeiten folgenden Skalen zugeordnet: Metawissen über den Modellierungskreislauf, Mathematisieren und Mathematisches Arbeiten. Entsprechend wurde das beispielbasierte Training unter Berücksichtigung dieser Schwerpunkte entwickelt und umfasst zunächst zwei Sitzungen á 90 Minuten, in denen neben dem symbolisch-mathematischen Modellverständnis auch Fachwissen der Physikalischen Chemie vermittelt wurde. Es besteht aus mehreren Lösungsbeispielen mit schrittweise dargebotenen Expertenlösungen, welche durch Selbsterklärungsprompts angereichert sind. Die Verringerung der Anzahl und der Tiefe der vorgegebenen Expertenlösungen zu den einzelnen Lösungsschritten im fortschreitenden Verlauf des Trainings soll das eigenständige Lernen zunehmend fördern.

Ergebnisse und Ausblick

Zunächst wurde die Testgüte des entwickelten Diagnoseinstruments mit Hilfe eines Raschmodells untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Testdaten gemäß CAIC, AIC und BIC am besten zu einem zweidimensionalen Modell, in welchem die Skalen Mathematisieren und Mathematisches Arbeiten zu einer Skala zusammengefasst werden, passen (2-dim vs. 1-dim: $\chi^2[2] = 20.6$, $p < .001$; 2-dim vs. 3-dim: $\chi^2[3] = 4.7$, $p = .197$). Damit ergeben sich die Dimensionen Metawissen (Dimension 1, 10 Items) und Mathematisches Modellieren (Dimension 2, 29 Items). Die drei ursprünglich angenommenen Dimensionen lassen sich nicht bestätigen. Während die Skala zum Mathematischen Modellieren (2) eine zufriedenstellende EAP/PV und Personenreliabilität aufweist, ist die Reliabilität der Skala zum Metawissen (1) noch verbesserungswürdig. Dementsprechend sollen die bestehenden, problematischen Items zum Metawissen überarbeitet und weitere Items ergänzt werden. Zusätzlich wird die Skala zum Mathematischen Modellieren gekürzt, um die Testzeit zu reduzieren. Der Vergleich der durchschnittlichen Personenfähigkeiten [WLE] vor und nach der Intervention zeigt, dass das sehr kurze Training bereits einen positiven Effekt auf das Metawissen (Dimension 1) hat: Die Interventionsgruppe und die Kontrollgruppe unterscheiden sich vor der Intervention nicht. Nach der Intervention haben die Probanden der Interventionsgruppe eine signifikant höhere durchschnittliche Personenfähigkeit als die Probanden der Kontrollgruppe.

Tab. 2: Reliabilität des Modells und Personenfähigkeit (Raschanalyse [WLE]).

		Dimension 1		Dimension 2	
	N	Prätest	Posttest II	Prätest	Posttest II
EAP/PV Reliabilität	57	-	.594	-	.791
Personenreliabilität [WLE]	57	-	.488	-	.772
Interventionsgruppe I und II	36	-1.30 (0.72)	0.46 (1.15)	0.07 (0.79)	0.03 (0.91)
Kontrollgruppe	21	-1.48 (0.71)	-0.72 (0.68)	-0.24 (0.87)	-0.04 (0.98)
		$t(55) = 0.95$, $p = .348$, $d = 0.251$	$t(55) = 4.26$, $p < .001$, $d = 1.174$	$t(55) = 1.37$, $p = .175$, $d = 0.378$	$t(55) = 0.26$, $p = .797$, $d = 0.075$

In Bezug auf Dimension 2 zeigt das entwickelte Training noch keine Effekte. Dies ist möglicherweise auf die für derartig komplexe Inhalte zu kurze Interventionszeit zurückzuführen. Dementsprechend werden weitere Lösungsbeispiele entwickelt.

In einem nächsten Schritt wird das Diagnoseinstrument durch Überarbeitung und Ergänzung von Items optimiert. Zudem werden weitere Trainingseinheiten entwickelt, um den Einsatz als semesterbegleitendes Lernmaterial, welches ein breiteres Spektrum der Inhalte der Physikalischen Chemie abdeckt, zu gewährleisten. Das optimierte Diagnoseinstrument und das erweiterte Training werden im Anschluss erneut evaluiert.

Literatur

Atkins, P. W. & de Paula, J. (2010). *Physikalische Chemie* (5., vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH.

Dickmann, T. Opfermann, M., Dammann, E., Lang, M. & Rumann, S. (2019). What you see is what you learn? The role of visualmodel comprehension for academic successin chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, Advanced Article. doi: 10.1039/c9rp00016j

Goldhausen, I. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Berlin: uni-edition.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1011–1026.

Höner, K. (1996). Mathematisierungen im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis?. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(2), 51 -70.

Kimpel, L. (2017). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie – zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit.* Logos: Berlin.

Komor, I., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 803-806). Regensburg: Universität Regensburg.

Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38, 1–37. doi:10.1111/cogs.12086

Veronika Bille[1]
Stefan Rumann[1]
Julian Roelle[2]
Maria Opfermann[2]
Carsten Schmuck[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Ruhr-Universität Bochum

Förderung des ikonischen Modellverständnisses in Chemiestudiengängen

Theoretischer Hintergrund

Der Umgang mit Visualisierungen stellt eine zentrale Anforderung in Chemiestudiengängen dar. So ist die Behandlung von Fachinhalten innerhalb der Naturwissenschaften ohne Abbildungen kaum realisierbar (Gilbert, 2007). Die Chemie kann demnach als „visuelle Wissenschaft“ bezeichnet werden (Hoffmann & Laszlo, 1991; Wu & Shah, 2004); dies umfasst vielfältige externe Repräsentationsformen, wie z.B. Gleichungssysteme und Kugelstabmodelle. Zur erfolgreichen Bewältigung dieser Inhalte ist demnach ein gewisses Maß an visuellem Modellverständnis erforderlich. Das visuelle Modellverständnis beschreibt hierbei die „Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen“ (Dickmann et al., 2019).
Will man nun solche Visualisierungen bzw. Repräsentationen genauer charakterisieren, kann im Allgemeinen zwischen ikonischen und symbolisch-mathematischen Repräsentationen unterschieden werden (vgl. z. B. Schnotz, 2005). Ikonische Repräsentationen besitzen einen strukturellen Abbildungscharakter ihres Referenzobjektes In der Chemie handelt es sich dabei zum Beispiel um Visualisierungen von Atom- oder Molekülmodelle mit räumlicher Information. Dabei kann beispielsweise die räumliche Struktur eines Moleküls unter Vernachlässigung anderer Eigenschaften wiedergeben werden. Ein Beispiel für eine ikonische Visualisierung ist das Kugelstabmodell von Cyclohexan (siehe Abb. 1). Die folgende Abbildung gibt nicht nur die räumliche Anordnung sowie die Bindungsverhältnisse des Moleküls wieder, sondern zeigt auch die unterschiedlichen Positionen der Substituenten im Raum, welche durch die sogenannte Ringinversion erreicht werden können. Im Gegensatz zu ikonischen Abbildungen weisen symbolisch-mathematische Repräsentationen keine strukturelle Ähnlichkeit zum Referenzobjekt auf, wie z.B. Tabellen, Diagramme und Gleichungen (oder z.B. das Wort „Reagenzglas“ im Vergleich zur Zeichnung eines Reagenzglases).

Abb. 1: Ringinversion von Cyclohexan mit markierten Substituenten in axialer (grün) und äquatorialer (rot) Position

Eine Lehrbuchanalyse gängiger Literatur in der Studieneingangsphase zeigt, dass in der Organischen Chemie besonders viele ikonische Abbildungen zur räumlich-strukturellen Darstellung von Molekülen verwendet werden (Dickmann et al., 2019). Zudem konnte das mit einem neu entwickelten Test erfasste visuelle Modellverständnis als Prädiktor für den Studienerfolg von Chemiestudierenden im ersten Studienjahr identifiziert werden (Dickmann et al., 2019). Dem gegenüber steht jedoch, dass viele Studierende Schwierigkeiten beim Umgang mit Visualisierungen haben (Wu, Krajcik, & Soloway, 2001). Vor allem in der Eingangsphase von Chemiestudiengängen fehlt den Studierenden oft ein hinreichendes

Verständnis dreidimensionaler Strukturen. Um aus visuellen Repräsentationen einen Nutzen ziehen zu können, müssen Lernende die Fähigkeit besitzen, fachwissenschaftliche Informationen aus den Visualisierungen zu „lesen“ und vorhandenes Wissen, bzw. das gerade im Text Gelesene, entsprechend mit den Visualisierungen zu verknüpfen. Hier liegt häufig ein sogenanntes *Repräsentationsdilemma* vor (Rau, 2016), welches den Umstand beschreibt, dass Wissen aus Repräsentationen und Visualisierungen erworben werden soll, welche aber in sich noch nicht verstanden werden. Im Hinblick auf das Lernen aus ikonischen Modellen bedeutet dies, dass Lernende Inhalte, die sie noch nicht hinreichend verstanden haben, aus mehrdimensionalen Visualisierungen lernen, mit denen sie noch nicht vertraut sind. Um dieses Dilemma zwischen erforderlichen Inhalten und fehlenden visuellen Fähigkeiten der Studierenden zu lösen, ergibt sich die Notwendigkeit, ikonisches Modellverständnis durch instruktionale Anleitung zu fördern. Besonders in frühen Lernphasen neuer Inhalte eignet sich dabei das Lernen mit Lösungsbeispielen (*worked examples principle*, (Renkl, 2014). Lösungsbeispiele können zum Aufbau kognitiver Schemata sowie zur Verbesserung von Problemlösefähigkeiten genutzt werden und konnten in der Chemie schon vielfach erfolgreich eingesetzt werden (Kölbach, 2011; Koenen, Kölbach, Emden & Sumfleth, 2014; Roelle, Hiller, Berthold & Rumann, 2017). Zunächst erfolgt eine allgemeine Einführung in die zu lernenden Prinzipien. Dabei können sowohl fachliche Konzepte, als auch eine „Leseanleitung“ für Visualisierungen (z. B. Identifikation relevanter Merkmale) präsentiert werden. Es folgen mehrere ausgearbeitete Beispiele, in denen die Lerninhalte erklärt und mit einer zugehörigen Expertenlösung dargestellt werden. Besonders lernförderlich ist die schrittweise Reduzierung (*Fading*) der Erklärungen, um Lernenden zu einem selbstständigeren Arbeiten zu animieren und Problemlösen zu ermöglichen (Eysink et al., 2009).

Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund soll in einem ersten Experiment das visuelle Modellverständnis von Studierenden insbesondere im ikonischen Bereich durch den Einsatz eines Trainings mit beispielbasierten Selbstlernmaterialien verbessert werden. Des Weiteren soll ein zu diesem Zweck entwickeltes Testinstrument zur Evaluation des ikonischen Modellverständnisses auf seine Eignung geprüft werden.

FF1: Ist das entwickelte Testinstrument zur Erfassung des ikonischen Modellverständnisses geeignet?
FF2: Lässt sich das ikonische Modellverständnis mit Hilfe eines beispielbasierten Trainings fördern?

Studiendesign

Als Stichprobe diente die Kohorte des zweiten Fachsemesters der Chemie- und Water-Science-Studierenden an der Universität Duisburg-Essen im Sommersemester 2019 (N = 44). Das Projekt ist eine Kooperation mit einer parallelen Studie zur Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses, welches zeitgleich stattfand.
Die genannten Forschungsfragen wurden im Rahmen einer Experimentalstudie untersucht. Für das erste Experiment (SoSe 2019) wurden computergestützte Trainingseinheiten mit einem zeitlichen Umfang von 90 Minuten entwickelt. Zur Steigerung der ökologischen Validität erfolgte der Einsatz der Trainingseinheiten im Rahmen einer kreditierten Wahlpflichtveranstaltung in zwei aufeinanderfolgenden Sitzungen, welche im Anschluss evaluiert wurden. Beispielbasierte Lernaufgaben waren Bestandteil des Trainings und skizzieren schrittweise einzelne Lösungsschritte eines chemischen Problems. Studierende erhielten zunächst einen Informationstext in welchem neue Lerninhalte und Visualisierungsformen vorgestellt wurden. Darauf folgten ausgearbeitete Beispiele mit

Lösungsansätzen, welche im Verlauf des Trainings immer weniger ausgearbeitet waren. Des Weiteren wurde der Einfluss der Trainings auf den Studienerfolg mit Hilfe eines standardisierten Fachwissenstests erhoben. Die konkrete Effektivität des Trainings wurde durch ein eigens entwickeltes Diagnoseinstrument zur Erfassung des ikonischen Modellverständnisses überprüft. Im Rahmen des Experiments wurden die Studierenden den verschiedenen Bedingungen randomisiert zugewiesen (siehe Tabelle 1). Die Experimentalgruppe erhielt das Training zur Förderung des ikonischen Modellverständnisses. Die Kontrollgruppe erhielt ein Training zur allgemeinen Förderung von Präsentationstechniken. Die Evaluation des Trainings erfolgte in einem prä-post-Kontrollgruppen-Design.

Tabelle 1: Studiendesign Experiment I.

Week	Experimentalgruppe (n=21)	Kontrollgruppe (n=23)
1.	**Prä-Test:** Fachwissenstest OC, Modellverständnistest, Kontrollvariablen	
2. and 3.	Training ikonisch (je 90 min)	Training Präsentationstechniken
4.	**Post-Test:** Fachwissenstest OC, Modellverständnistest, Kontrollvariablen	
8.	**Follow-Up-Test:** Fachwissenstest OC, Modellverständnistest, Kontrollvariablen	

Ergebnisse

Die Eignung des Testinstruments zur Evaluation des Modellverständnisses wurde zunächst in Rasch-Analysen für alle Items mittels Item-Person-Map untersucht. Die Aufgabenreliabilität wurde mit .84 und die Personenfähigkeit mit .83 berechnet. Um den Einfluss des Trainings auf das ikonische Modellverständnis der Studierenden zu erfassen, wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung über die drei Messzeitpunkte berechnet. Sowohl die Experimental- als auch die Kontrollgruppe weisen einen signifikanten Lernzuwachs über den Verlauf des Semesters auf (Experimentalgruppe: $F(1,19) = 27.46$, $p < .001$; Kontrollgruppe: $F(1,19) = 17.37$, $p = .001$), wobei der Zuwachs der Experimentalgruppe vor allem zwischen Prä- und Post-Test etwas größer ist. Unmittelbar nach dem Training ist zum zweiten Messpunkt ein marginal signifikanter Unterschied der Messergebnisse zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe zu verzeichnen ($p=.074$). Zum dritten Messzeitpunkt lassen sich keine großen Unterschiede mehr zwischen den beiden Gruppen feststellen ($p = .235$).

Diskussion & Ausblick

Bei der Betrachtung der Items zur Messung des ikonischen Modellverständnisses zeigte sich ein breites Spektrum an Itemschwierigkeiten und normalverteilte Personenfähigkeiten. Es konnten keine Boden- oder Deckeneffekte ermittelt werden. Insgesamt scheint sich das entwickelte Testinstrument somit zur Erfassung des ikonischen Modellverständnisses zu eignen. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass ein entsprechendes Training zu einem Zuwachs des ikonischen Modellverständnisses beitragen kann. Anzumerken ist allerdings, dass das Training nur in dem Zeittraum, in welchem es stattfindet, effektiv zu sein scheint. Findet kein Training mehr statt, so ist kein signifikanter Unterschied zum Lernerfolg der Kontrollgruppe festzustellen. Für ein zweites Experiment werden die aktuellen Trainingseinheiten auf Grundlage der evaluierten Daten überarbeitet sowie weitere Trainings zur Förderung des Modellverständnisses entwickelt um den Trainingszeitraum zeitlich und inhaltlich zu erweitern.

Literatur

Dickmann, T., Opfermann, M., Dammann, E., Lang, M., & Rumann, S. (2019). What you see is what you learn? The role of visual model comprehension for academic success in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, advance article*. https://doi.org/10.1039/C9RP00016J

Eysink, T. H. S., Jong, T. de, Berthold, K., Kolloffel, B., Opfermann, M. & Wouters, P. (2009). Learner Performance in Multimedia Learning Arrangements: An Analysis Across Instructional Approaches. *American Educational Research Journal*, 46(4), 1107-1149.

Gilbert, J. K., Reiner, M., & Nakhleh, M. (Eds.). (2007). *Visualization: Theory and practice in science education* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, *84*(3), 352-381.

Hoffmann, R., & Laszlo, R. (1991). Darstellungen in der Chemie - die Sprache der Chemiker. *Angewandte Chemie*, 103, 1–16

Koenen, J., Kölbach, E., Emden, M. & Sumfleth, E. (2014). Lösungsbeispiele im Chemieunterricht: Entwicklung und Evaluation verschiedener Formen von Lösungsbeispielen. In B. Ralle (Hrsg.), *Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen: Ergebnisse und Perspektiven der fachdidaktischen Forschung* (S. 139-148). Münster [u.a.]: Waxmann.

Kölbach, A. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos Verlag.

Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761.

Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive science*, 38(1), 1-37.

Roelle, J., Hiller, S., Berthold, K. & Rumann, S. (2017). Example-based learning: The benefits of prompting organization before providing examples. *Learning and Instruction*, 49, 1–12. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.11.012

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 49–69). Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.

Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.

Wu, H.-K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations. Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7), 821-842.

Jana Tampe Technische Universität Darmstadt
Verena Spatz

Konzeption eines interdisziplinären Moduls zur Erkenntnisgewinnung

Im Rahmen ihres Studiums lernen Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik den Prozess und die Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung meist aus einer rein fachspezifischen Perspektive kennen. Für das ganzheitliche Begreifen dieser Aspekte – wie es beispielsweise durch „Scientific Literacy“ (Bybee, 2002) oder die KMK-Standards (KMK, 2004) gefordert wird – ist jedoch auch ein interdisziplinärer Blick notwendig (Labudde, 2017). Für den im Rahmen der Projekte MINT^{plus} und MINTplus^{2} neu strukturierten Lehramtsstudiengang an der TU Darmstadt wird daher ein Modul entwickelt, in dem die Studierenden in einem Seminar gemeinsam didaktische und methodische Aspekte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erarbeiten und diese in einem praktischen Schulprojekt erproben.
Die Konzeption dieses Moduls wird im Rahmen dieses Beitrags erläutert. Nach einer kurzen Darstellung der Konzeptionsaspekte, die sich aus der Studienordnung, der Literaturrecherche und der Erfragung von Fachexpertise ergeben haben, liegt der Schwerpunkt dieses Beitrags vor allem auf den Ergebnissen der Vorstudie, die mit N=43 Studierenden aus den drei Fächern durchgeführt wurde. In einem kurzen Fazit wird die Modulkonzeption vorgestellt.

Grundlegende Konzeption

Das ursprünglich unter dem Arbeitstitel „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften“ begonnene Modul ist seit Beginn der Konzeption für den Vernetzungsbereich des Lehramtsstudiums an der TU Darmstadt (Gallenbacher, 2017) vorgesehen. Entsprechend der für diesen Bereich vorgesehen Ziele wie das Erwerben von „interdisziplinär vernetztem Wissen und Können“, von „fachübergreifender, berufsfeldbezogener Methodenkompetenz“ oder der „Vertrautheit mit grundlegenden Arbeits- und Erkenntnismethoden von Wissenschaft (z. B. Experimentieren, empirische Methoden)“ (ebd.) wird das Modul mit dem Ziel konzipiert, einen ganzheitlichen naturwissenschaftlichen Ansatz im Rahmen eines wählbaren Vertiefungsmodul für Studierende mit mindestens einem naturwissenschaftlichem Fach zu vermitteln. Die Literaturrecherche fachdidaktischer Lehrbücher (z. B. Nerdel, 2017; Mikelskis-Seifert, 2010; Sommer & Pfeifer, 2018; …) zeigte sehr schnell, dass der Begriff „Erkenntnisgewinnung“ für den endgültigen Modultitel geeigneter als „experimentelle Methoden“ ist, da dieser Begriff auf der einen Seite wichtigen Arbeitsweisen der Biologie wie Beobachten, Untersuchen und Systematisieren gerechter wird und auf der anderen Seite Aspekte wie „Modelle“ und „Nature of Science“ als ebenfalls wichtige ganzheitlich naturwissenschaftliche Themen umfasst (Straube, 2016). Die Gespräche mit den drei Fachdidaktiken der TU Darmstadt über die Modulkonzeption ergaben, dass die inhaltlich vorgesehenen Themen das fachdidaktische Curriculum der Fächer jeweils sinnvoll ergänzen, bzw. um Themen wie „Nature of Science“ oder „Inquiry-Based-Learning“ erweitern. Methodisch wurde empfohlen, die Theorie durch praktische Experimentierbeispiele zu ergänzen und Diskussionen über praktische Unterrichtsentwürfe anzuregen.

Ergebnisse der Vorstudie mit Studierenden

Die Vorstudie erfolgte mittels eines Paper-Pencil-Tests, der neben Geschlecht und Studienfächern vierstufige Likert-Items und offenen Fragen enthielt. Der Fragebogen wurde von N=43 Lehramtsstudierenden ausgefüllt, die jeweils mindestens ein naturwissenschaftliches Fach studieren (Biologie, Physik, Chemie).

Die erste Teil des Fragebogens fragte mittels einer vierstufigen Likert-Skala ab, inwieweit sich die Studierenden durch ihr Studium auf die Umsetzung der Unterrichtskonzeptionen nach Sommer (2018) und der Kompetenzen, die in den Bildungsstandards für die Naturwissenschaften festgelegt sind (KMK, 2014), vorbereitet fühlen (je vier Items). Das Ergebnis zeigt, dass sich die Studierenden überwiegend fachwissenschaftlich vorbereitet fühlen. Abb. 1 verdeutlicht, dass das Unterrichtskonzept „Orientierung an der Interdisziplinarität“ und die Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ mit starkem Effekt hinter der Fachwissenschaft zurückbleiben, sodass ein Seminar, das sich von der Fachwissenschaft in Richtung eines naturwissenschaftlich-integrierten Blicks auf die Erkenntnisgewinnung löst, aufgrund der Ergebnisse dieser Vorstudie seine Berechtigung erhält.

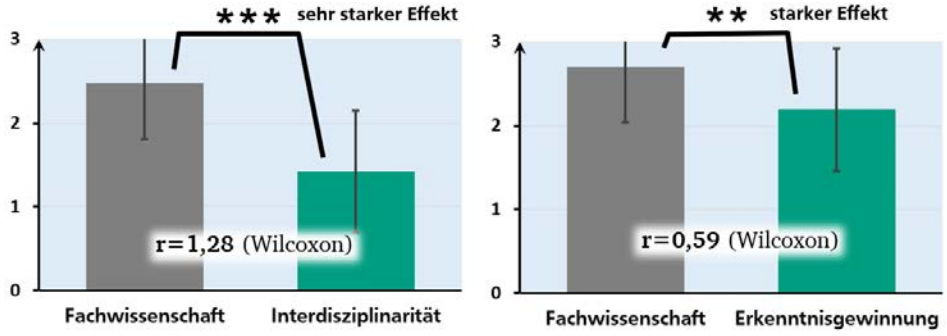


Abb. 1 empfundenes Vorwissen bezüglich der Unterrichtskonzeptionen (links) und der KMK-Kompetenzen (rechts) aus dem bisherigen Studium

Im zweiten Teil des Fragebogens wurden die Themen für das Grundlagenseminar, die mittels Literaturrecherche und Brainstorming der Fachexpertise gesammelt wurden, vorgestellt (14 Items) und die Studierenden sollten erneut aufgrund ihrer eigenen Einschätzung auf einer vierstufigen Likert-Skala bekunden, wie sie einerseits ihr Vorwissen zu dem jeweiligen Themen einschätzen und in welchem Maße sie andererseits an dem Thema interessiert sind.

Für die Auswertung werden die Themen anhand des erreichten Werts auf der Likert-Skala bezüglich des Interesses geordnet (siehe Abb. 2 links). Dem Ergebnis folgend werden möglichst oft praktische Experimente integriert und sowohl das Thema „Erkenntnisgewinnung bewerten“ als auch das Thema „Forschung vermitteln“ (z. B. Nature of Science, Inquiry-Based-Learning) werden in mindestens einer Seminarstunde behandelt. Das Schulprojekt für die Studierenden besteht hauptsächlich aus dem Erstellen eines Experimentiersettings. Die Themen „Sicherheit“ und „elektronische Messerwerterfassung“ fallen demgegenüber bis auf die obligatorische kurze Sicherheitseinweisung aus dem Modulplan.

Zwar sind die Skalen für Vorwissen und Interesse statistisch nicht zu vergleichen, da sie unterschiedliche Konstrukte abbilden, doch stark niedrige Werte im Vorwissen gegenüber hohen Werten beim Interesse lassen sich durchaus als Indiz für ein relevantes Seminarthema deuten. Die dementsprechend drei auffälligsten Diskrepanzen zwischen Vorwissen und Interesse sind in Abb 2. (rechts) dargestellt. Beim Thema „Experimentieren in heterogenen Lerngruppen“ wird das Vorwissen besonders niedrig eingeschätzt, sodass sich an dieser Stelle ebenfalls eine Bestätigung für die Integration dieses Themas in das Seminar ergibt. Bei den beiden anderen Themen bestätigt sich die vorherige Einschätzung, das Thema „Experimentieren bewerten“ in die Seminarinhalte aufzunehmen bzw. das Thema „Sicherheit“ möglichst kurz zu halten.

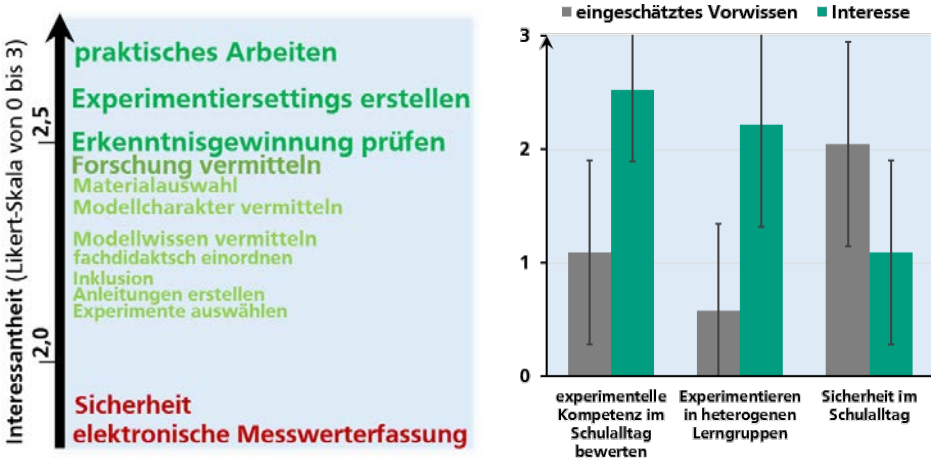


Abb. 2 links: Ranking der Interessantheit der vorgeschlagenen Seminarthemen, rechts: größte Differenzen zwischen Vorwissen und Interesse

Der dritte Teil des Fragebogens enthielt sieben offene Fragen, von denen hier nur zwei Ergebnisse exemplarisch dargestellt werden. Zum einen wurde bei der Frage nach möglichen naturwissenschaftlich integrierten Themen für den Projekttag passend zur aktuellen politischen Diskussion (dpa, 20.09.2019) am meisten das Thema „Klimawandel“ genannt. Zum anderen wurde in Hinblick auf das Schulprojekt am meisten gewünscht, dass dieses „nah am Schulalltag“ und „für später relevant“ ist.

Fazit: Finale Modulkonzeption

Der grundlegende Modulentwurf (Tampe & Spatz, 2019) wird insbesondere aufgrund der Ergebnisse der Vorstudie ausdifferenziert. Wie geplant erhält das Modul „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ einen interdisziplinären naturwissenschaftlich-integrierten Charakter. Die geplanten Themen für das theoriegeleitete Grundlagenseminar werden entsprechend der in Abb. 2 dargestellten Ergebnisse angepasst: Die Themen „Sicherheit“ und „elektronische Messwerterfassung“ werden gestrichen, während die Themen „experimentelle Kompetenz im Schulalltag bewerten“ und „Experimentieren in heterogenen Lerngruppen“ ergänzt werden. Aufgrund der fachdidaktischen Ratschläge werden für die Themen „Nature of Science“ & „Inquiry-Based-Learning“ mehrere Seminarstunden anberaumt, da diese Themen als wichtig erachtet werden und gleichzeitig in Biologie und Chemie nicht im fachdidaktischen Studium behandelt werden. Ebenfalls aufgrund des fachdidaktischen Rates, aber auch auf Wunsch der Studierenden hin, werden im Grundlagenseminar passend zu den theoretischen Aspekten praktische Experimente und reale Unterrichtswürfe ergänzt. In Hinblick auf das Abschlussprojekt (Sonntag et. al., 2017) wurde bestätigt, dass ein Schulprojekt im realen Schulkontext gewünscht ist. Sowohl die Fachexpertise als auch der Wunsch einiger Studierenden machen zudem deutlich, dass nach dem Projekttag eine gezielte, möglichst ohne Druck stattfindende Reflexion sinnvoll ist. Dazu wird eine eigene Sitzung vorgesehen, die die Reflexion im Portfolio unterstützen soll.

Ausblick

Nach der hier dargestellten theoretischen Konzeption erfolgt die praktische Durchführung. Diese wird mittels verschiedener Methoden evaluiert (siehe dazu auch Tampe & Spatz, 2019). Beispielsweise werden Concept Maps zum Thema Erkenntnisgewinnung zu Modulbeginn und Modulende erstellt und verglichen. Außerdem ist die Analyse der Portfolios sowie das Interviewen der Teilnehmenden als Evaluationsmethode vorgesehen.

Literatur

Bybee, R. (2002): Archieving Scientific Literacy: Myth or Reality. In Döbrich, P. (Hrsg.): Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion, S. 8–9.

Gallenbacher, J.; Bruder, R. (2017): Ein Vernetzungsbereich als neues Studienelement im MINT-orientierten Studiengang Lehramt am Gymnasium. In: MINTplus – systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung, S. 18-19.

Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).

Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).

Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).

Labudde, P. (2017): Facettenreiche Naturwissenschaft. Perspektiven und Herausforderungen integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 28 (161), S. 2–7.

Nerdel, C. (2017): Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule, Berlin: Springer Spektrum, S. 116.

Mikelskis-Seifert, S.; Duit, R. (2010): Naturwissenschaftliches Arbeiten. In Duit, R. (Hrsg.): PIKO-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst (Band 6).

Sommer, K.: Experiment und Erkenntnis. In: Sommer, K., Wambach-Laicher, J. & Pfeifer, P. (Hrsg.): Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Aulis, S. 262-301.

Sommer, K.; Pfeifer, P. (2018): Experiment und Erkenntnis. In: Sommer, K., Wambach-Laicher, J. & Pfeifer, P. (Hrsg.): Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Aulis, S. 72.

Sonntag, M.; Rueß, J.; Ebert C.; Friederici, K.; Schilow, L.; Deicke, W. (2017): Forschendes Lernen im Seminar. Ein Leitfaden für Lehrende, Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin; Bologna.lab.

Straube, P. (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Tampe, J.; Spatz, V. (2019): Entwicklungsprojekt: „Experimentelle Methoden der Naturwissenschaften ganzheitlich begreifen und vermitteln“. In: In: V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Eds.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Aachen. Berlin: DPG.

Was ändert sich nun für den Klimaschutz - und was bringt es?: dpa. In: Darmstädter Echo, 75 (218) am 20.09.2019, online abrufbar unter: https://www.echo-online.de/politik/thema-des-tages/was-andert-sich-nun-fur-den-klimaschutz-und-was-bringt-es_20460548 (zuletzt geprüft: 13.10.2019).

Cornelia Geller
Jonas Schneider
Heike Theyßen

Universität Duisburg-Essen

Finde die Fehler!
Experimentelle Testaufgaben zur Evaluation eines Experimentalpraktikums

Auch wenn die Struktur und Entwicklung professioneller Handlungskompetenzen von Lehramtsstudierenden ein Fokus fachdidaktischer Forschungsprojekte geworden ist (z.B. Sorge et al., 2019, Riese et al., 2015), so finden sich nur wenige Untersuchungen, die auch Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung berücksichtigen (z.B. Straube, 2016; Schödl, 2017). Diese müssen sich zudem der Kritik von Höttecke & Rieß (2015) stellen, die für das naturwissenschaftliche Experimentieren höchst bedeutsame „Fähigkeit zu praktisch-manuellen Verrichtungen“ (ebd., S. 136) nicht zu erfassen. Studien, die sich dieser Herausforderung stellen (z.B. Heidrich, 2017; Bauer, Reinhold & Sacher, 2019), haben dagegen das Problem, dass aufgrund einer aufwendigen Analyse des Experimentierprozesses nicht mit größeren Stichproben gearbeitet werden kann.
Für diese Lücke möchten wir ein Aufgabenformat vorschlagen, das durch eine starke Engführung die Erfassung einer bedeutsamen Fähigkeit zur Durchführung von Experimenten ermöglichen soll.

Funktionsfähiger Aufbau als experimentelle Kompetenzfacette von Studierenden
Im Bereich der Durchführung von Experimenten sehen die Modelle von Schreiber, Theyßen & Schecker (2009) und Nawrath, Maiseyenka & Schecker (2011) das Aufbauen einer Versuchsanordnung bzw. eines funktionsfähigen Versuchs als relevante Teilfähigkeiten von Schülerinnen und Schülern an. Studierende müssen diese Fähigkeiten soweit ausbauen, dass sie diese Aufbauten auch testen und optimieren können, was nach Bauer, Reinhold & Sacher (2019) für das Experimentieren auf universitärem Niveau besonders bedeutsam ist. Nach einer ersten Anordnung von Materialien und Geräten sehen wir insbesondere die Justage, die Verkabelung und die Einstellung von Messgeräten als relevante Teilbereiche an (Tab. 1). Dabei wird der Bereich der „Justage“ weit gefasst und beinhaltet auch ungeeignete oder fehlende Teile im Versuchsaufbau, z. B. eine fehlende Blattfeder beim Versuch zum elastischen Stoß zweier Wagen auf der Luftkissenbahn.

Aufgabenformat: Finde die Fehler!
Die Grundidee für die Aufgabenkonstruktion besteht darin, die Aufbaufähigkeiten indirekt zu erfassen: Dazu wird den Probanden eine experimentelle Vorgehensweise vorgegeben und eine fertig aufgebaute Versuchsanordnung präsentiert. Die Probanden erhalten die Information, dass diese Versuchsanordnung Fehler enthält, und den Auftrag, diese zu finden und zu beheben. Das Format wurde im Rahmen einer Masterarbeit entwickelt und erprobt (Schneider, 2019). Dahinter steckt die (noch zu prüfende) Annahme, dass der Erfolg bei der Suche standardisierter Fehler (Beispiele Tab. 1) in einem Aufbau mit dem Erfolg bei selbst generierten Fehlern im Aufbau zusammenhängt.
In den Aufgabenstellungen wird die Anzahl der Fehler nicht benannt, aber das Ziel des Experiments sowie notwendige Fachwissenselemente, um den Effekt dieser potenziellen Einflussgröße möglichst gering zu halten.
Die Notation der Fehler erfolgt durch die Studierenden in Stichworten auf Protokollbögen, die Korrektur direkt an der Versuchsanordnung. Die Testleitenden beurteilen anhand der (modifizierten) Versuchsanordnung für jeden Fehler, ob er korrigiert wurde oder nicht und versetzen sie dann für den nächsten Probanden in den Ursprungszustand zurück.

Teilbereich	Beispiel für Fehler in Versuchsanordnung
Justage	Position der Lichtschranke ist zu hoch, um Rollwagen zu erfassen.
Verkabelung	Amperemeter ist in einen Zweig des Stromkreises eingebaut, so dass es nicht wie gefordert die Gesamtstromstärke misst.
Einstellung von Messgeräten	Messrate ist zu gering, um die Periodendauer des Federpendels abzulesen.

Tab. 1: Teilbereiche beim Aufbau und Beispiele für Fehler

Die eingebauten Fehler werden als separate Items betrachtet und zweistufig bewertet. Pro Item wird ein Punkt vergeben für das Notieren des Fehlers und es werden zwei Punkte vergeben für dessen Korrektur (unabhängig davon, ob der Fehler auch notiert wurde). Items, bei denen der Fehler weder notiert, noch korrigiert wurde, werden mit 0 Punkten bewertet.

Stichprobe

Das Aufgabenformat wurde mit 29 Lehramtsstudierenden am Ende eines Experimentalpraktikums mit fachmethodischem Fokus („Werkzeuge im Physikunterricht“, siehe Kirchner & Geller, eingereicht) erprobt. Anders als in üblichen Experimentalpraktika (vgl. Nagel, Scholz & Weber, 2018) wurde dabei auf die Vermittlung fachinhaltlicher Grundlagen weitgehend verzichtet und dafür ein Schwerpunkt auf die eigenständige Planung und Durchführung von Experimenten gelegt. Die Studierende waren überwiegend im dritten Semester und hatten teilweise bereits klassische Experimentalpraktika absolviert.

Erprobung

Für die Erhebung wurden fünf Versuchsanordnungen (Beispiel siehe Abb. 1) für die im Praktikum behandelten Themenbereiche Mechanik und E-Lehre entwickelt, in die insgesamt 18 Fehler (Items) eingebaut wurden. Pro Versuchsanordnung hatten die Studierenden 10 min Zeit, um die von ihnen identifizierten Fehler auf den Protokollbögen zu notieren und an der Versuchsanordnung zu korrigieren. Die Zeitvorgabe hat sich dabei als eher nicht limitierend erwiesen.

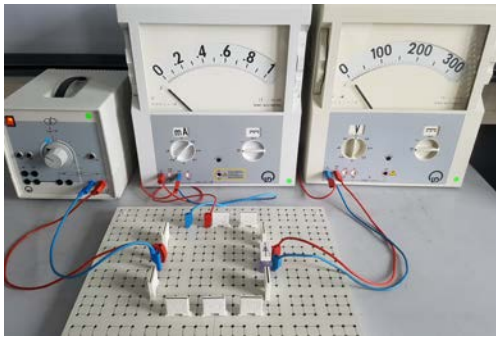


Abb. 1: Versuchsanordnung zur Aufnahme einer Diodenkennlinie mit Fehlern im Bereich der Schaltung und Einstellung von Messgeräten

Die Kodierung der notierten und korrigierten Fehler gelingt mit sehr guter Beurteilerübereinstimmung.

Nach Ausschluss von sechs Items aufgrund mangelnder Trennschärfe lässt sich eine Skala mit 12 Items (7 Mechanik, 5 E-Lehre) bilden, die mit Cronbach´s α=.74 als ausreichend konsistent angesehen werden kann. Die Trennschärfe aller 12 Items liegt über .020.

Zusätzlich wurden die Studierenden anhand des PraQ-Fragebogens von Rehfeldt (2017) um eine Selbsteinschätzung ihrer Lernzuwächse im Experimentalpraktikum gebeten. Dieser beinhaltet eine Skala „Versuchsanordnungen aufbauen“, die auch den Umgang mit Aufbaufehlern thematisiert.

Ergebnisse

Die Punkteverteilung in den Finde die Fehler!-Aufgaben ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Studierenden (N = 29) schnitten im Mittel mit 16 von 24 möglichen Punkten ab (SD = 5; Min = 6; Max =24). Die Punkte ($D(29) = 0.165$, $p < .05$) sind signifikant nicht-normalverteilt.

Zwischen der Punktzahl bei den Finde die Fehler!-Aufgaben und dem selbst eingeschätzten Lernzuwachs im „Versuchsanordnungen aufbauen“ findet sich keine Korrelation.

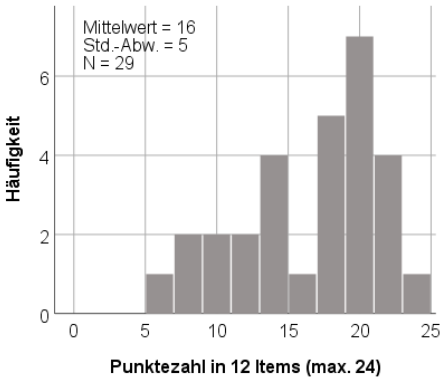


Abb. 2:Punkteverteilung bei den Finde die Fehler!-Aufgaben

Diskussion und Ausblick

Die Finde die Fehler!-Aufgaben lassen sich für eine reliable und differenzierte Messung einer Facette experimenteller Kompetenz von Studierenden nutzen, wobei eine weitere Validierung (z.B. über Prozessanalysen und Expertenbefragungen) und Optimierung der Aufgaben noch aussteht. So spricht die Verteilung mit einem Mittelwert bei 2/3 der Maximalpunktzahl dafür, dass die Aufgaben prinzipiell für eine Prä-Post-Erhebung in den Anfängerpraktika geeignet sind. Gleichzeitig scheint eine Ausweitung auf höhere Niveaustufen und Differenzierung in weitere Teilbereiche sinnvoll.

Auch bilden die Aufgaben nur einen schmalen Ausschnitt experimenteller Fähigkeiten ab, wobei sich das Format prinzipiell auch auf weitere Facetten anwenden ließe.

Dass in der Studie von Schödl (2017) eine ganz ähnliche Aufgabe zu Aufbaufehlern von Schülern (S. 42) zur Erhebung von Wissen über Messen und Experimentieren genutzt wurde, welches zunächst als fachdidaktische Facette angelegt war und erst im Nachhinein dem Fachwissen zugeordnet wurde, lässt sich aber auch als Hinweis deuten, dass die Abgrenzung fachmethodischer und fachdidaktischer Aspekte beim Experimentieren in weiteren Arbeiten diskutiert werden sollte.

Dass kein Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung des Lernzuwachses und objektiv bewerteter experimenteller Fähigkeit zu beobachten ist, kann zunächst methodische Gründe haben und spricht nicht gegen die neu entwickelten Aufgaben. So haben die Studierenden ihren Lernzuwachs und nicht ihren absoluten Kompetenzstand eingeschätzt, der mit den Finde die Fehler!-Aufgaben (zumindest in einem Teilaspekt) erhoben wurde. Da Studierende anders als bei Fachwissensaufgaben wenig quantitatives Feedback auf ihre Performanz beim Experimentieren bekommen, könnte auch eine Unsicherheit in dem internen Maßstab zu Selbsteinschätzung liegen.

Im Weiteren soll daher auch die Selbstwirksamkeitserwartung als relevante Einflussgröße (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012) untersucht werden, wobei für das Experimentieren auf universitärem Niveau noch kein Instrument auf einem Qualitätslevel vorliegt, wie es für die physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartung belegt wurde (Meinhardt, Rabe & Krey, 2018).

Insgesamt scheint die (Weiter-)Entwicklung entsprechender Instrumente notwendig, damit über eine längsschnittliche Untersuchung der Fähigkeiten und Einstellungen zum Experimentieren im Lehramtsstudium – wie sie auch Bauer, Reinhold & Sacher (2019) vorschlagen - einzelne Bestandteile der Ausbildung besser aufeinander abgestimmt werden können.

Literatur

Bauer, A. B., Reinhold, P., Sacher, M. (2019). Erhebung der experimentellen Performanz (Physik-)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S.632–635). Regensburg: Universität Regensburg.

Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel.

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21(1), 127-139.

Kirchner, S. & Geller, C. (eingereicht). Umgang mit analogen und digitalen Werkzeugen beim Experimentieren. In Thyssen, C. & Becker, S., Digitale Basiskompetenzen in der Lehramtsausbildung (Arbeitstitel). Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung.

Meinhardt, C, Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenz-basierten Validitätsarguments am Bei spiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 131-150.

Nagel, C., Scholz, R. & Weber, K.-A. (2018). Umfrage zu Lehr/Lernzielen in physikalischen Praktika. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 97-109.

Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 60(6), 42-48.

Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 293–315.

Rehfeldt, D. (2017). Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Berlin: Logos.

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A.,Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia, Kompetenzen Studierender. Weinheim u.a. : Beltz Juventa, 55-79.

Schneider, J. (2019). Experimentelle Fähigkeiten von Physikstudierenden erfassen. Entwicklung und Erprobung von Aufgaben zum funktionsfähigen Aufbau von Experimenten. Masterarbeit Universität Duisburg-Essen.

Schödl, A. (2017). FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Berlin: Logos.

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen? Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 8(3), 92-101.

Sorge, S., Keller, M., Neumann, K. & Möller, J. (2019). Investigating the relationship between pre-service physics teachers' professional knowledge, self-concept, and interest. Journal of research in science teaching, 1-19.

Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik. Berlin: Logos-Verlag.

Martin Erik Horn HTW Berlin

Verstecken wir die Geometrische Algebra in den komplexen Zahlen!

Aufbauend auf einer Vielzahl an fachlichen und fachdidaktischen Ausarbeitungen hat sich im englischen Sprachraum in den vergangenen Jahrzehnten ein intensiver Austausch zur Geometrischen Algebra entwickelt. Beispielhaft sei hier auf die Arbeiten (Snygg 1997), (Hestenes 2002, 203a, b, 2013 & 2015), (Doran & Lasenby 2003), Parra Serra (2009) verwiesen. Diese nahezu ausschließlich englisch geführte Diskussion ist im deutschsprachigen Raum bisher auf ein nur geringes Interesse seitens der hochschulischen Fachdidaktiken gestoßen.

Angesichts der strukturellen Eleganz, der Einfachheit, der Wirkmächtigkeit und der didaktischen Tiefe, die die Nutzung der Geometrischen Algebra zeigt, verwundert diese Zurückhaltung. Da es kaum kognitive Hürden sein dürften, die eine fachphysikalische und physikdidaktische Einbindung von Pauli- und Dirac-Algebren in die Modellierung physikalischer Sachverhalte verhindern, ist davon auszugehen, dass es emotionale Hürden sind, die von einer Beschäftigung mit der Geometrischen Algebra abhalten.

Zur Umgehung dieser emotionalen Hürden wird vorgeschlagen, Pauli- und Dirac-Algebren mathematisch so zu verstecken, dass eine Beschäftigung mit ihnen vordergründig nicht auffällt und erst bei einer tiefergehenden Analyse durch emotional blockierte Lernende entdeckt werden wird. Dabei werden Kenntnisse im Sinne eines kognitiven Konflikts (Krüger et al. 2018, Kap. 4) verfremdet und infrage gestellt (Nerdel 2017, S. 106). Dies gelingt, wenn die Geometrische Algebra durch komplexe und quaternionenartige Strukturen ausgedrückt und so tief in komplexen Zahlen verborgen präsentiert wird.

Da Lernende in Schule und Hochschule derzeit extrem stark durch die Mathematik komplexer Zahlen vorgeprägt werden, ist ein solches Vorgehen didaktisch gerechtfertigt. Dieses Vorgehen ist zudem ethisch legitim und moralisch gerechtfertigt, da die Mathematik komplexer Zahlen derzeit in Schule und Hochschule nur lückenhaft und extrem einseitig präsentiert wird. Wichtigster Kritikpunkt ist hier die Behandlung der komplexen Konjugation. Diese wird allenfalls geometrisch als Spiegelung an der reellen Achse der komplexen Zahlenebene thematisiert. Eine Diskussion der algebraischen Auswirkungen als versteckte Modellierung anti-kommutativer oder nicht-kommutativer Strukturen unterbleibt derzeit leider.

Fachlicher Hintergrund: Verfremdung und Verschleierung Geometrischer Produkte
Im zweidimensionalen Raum kann das Geometrische Produkt zweier rein räumlicher Vektoren $\mathbf{a} = a_x \sigma_x + a_y \sigma_y$ und $\mathbf{b} = b_x \sigma_x + b_y \sigma_y$ (Horn 2014 & 2018) durch mittige Einmultiplikation des neutralen Elements $\sigma_x^2 = 1$ in ein Produkt komplexer Zahlen überführt werden, wenn der Bivektor $i = \sigma_x\sigma_y$ als imaginäre Basiseinheit mit $i^2 = (\sigma_x\sigma_y)^2 = -1$ gedeutet wird:

$$\mathbf{a}\,\mathbf{b} = \mathbf{a}\,\sigma_x^2\,\mathbf{b} = (a_x - a_y\,\sigma_x\sigma_y)\,(b_x + b_y\,\sigma_x\sigma_y) = (a_x + i\,a_y)^*\,(b_x + i\,b_y) = a^*\,b$$

Analog kann in einer zweidimensionalen Raumzeit das Geometrische Produkt aus zwei raumzeitlichen Vektoren $\mathbf{a} = a_t \gamma_t + a_x \gamma_x$ und $\mathbf{b} = b_t \gamma_t + b_x \gamma_x$ durch mittige Einmultiplikation des neutralen Elements $\gamma_t^2 = 1$ in ein pseudo-komplexes Produkt überführt werden, wenn der Bivektor $j = \gamma_t\gamma_x$ als pseudo-imaginäre, also im Sinne von (Schwerdtfeger 1979, App. 4-b), (Borota et al. 2000 & 2002) reellwertige Basiseinheit mit $j^2 = (\gamma_t\gamma_x)^2 = +1$ gedeutet wird:

$$\mathbf{a}\,\mathbf{b} = \mathbf{a}\,\gamma_t^2\,\mathbf{b} = (a_t - a_x\,\gamma_t\gamma_x)\,(b_t + b_x\,\gamma_t\gamma_x) = (a_t + j\,a_x)^*\,(b_t + j\,b_x) = a^*\,b$$

Als einfaches, fachliches Fazit ist zu folgern: Jedes Geometrische Produkt **a b** kann eindeutig als Produkt a*b einer komplex bzw. pseudo-komplex konjugierten Zahl a* und einer komplexen bzw. pseudo-komplexen Zahl b geschrieben werden.

Es ist aber auch noch ein weiteres, kontroverses Fazit zu ziehen: **Die komplexe Konjugation wurde erfunden, damit wir nicht-kommutative Strukturen mit Hilfe kommutativer Größen modellieren können.** Diese zentrale Aussage wird hier fett gedruckt, denn in üblichen Darstellungen zur Mathematik komplexer Zahlen wird sie komplett unterschlagen. Mit anderen Worten: Immer dann, wenn Mathematikerinnen und Mathematiker behaupten, sie verwenden beim Rechnen mit komplexen Zahlen nur kommutative Größen, täuschen sie sich und uns, sobald sie Produkte bilden, in denen ein Faktor komplex konjugiert ist. Auf dem Papier scheint dann zwar noch alles schön kommutativ. Die dahinter stehende Struktur ist es jedoch nicht, da dann tatsächlich nicht-kommutative Strukturen beschrieben und dargestellt werden.

Als Physikdidaktikerinnen und Physikdidaktiker sollten wir bei Produkten der Form a*b (oder quantenmechanisch gewendet $\psi^*\varphi$) also vorsichtig sein, denn die Modellierung mathematisch nicht-kommutativer Strukturen durch kommutative Größen ist – in meinen Augen (Horn 2019) – ein mathematisch hässliches Konzept. Sobald die komplexe Konjugation verwendet wird, wird die konzeptuelle Trennung zwischen Kommutativität und Anti-Kommutativität aufgehoben. Es entsteht ein strukturloses Symmetrie-Gemansche.

Dieses gilt es, im letzten Schritt sinnvoll aufzulösen. Vor uns liegen somit zwei Arbeitsaufträge. Der erste Arbeitsauftrag lautet, wie der Titel dieses Beitrags sagt: Verstecken wir die Geometrische Algebra in den komplexen Zahlen. Logisch zwingend sollte sich daran der zweite Arbeitsauftrag anschließen: Entdecken wir die Geometrische Algebra in den komplexen Zahlen. Ziehen wir also den Schleier von den komplexen Zahlen und legen offen, wie sie missbraucht werden: Sie werden missbraucht zur Verschleierung anti-kommutativer oder nicht-kommutativer Größen mit Hilfe der komplexen Konjugation.

Geometrische Produkte in vierdimensionalen Welten

Die Welt, in der wir leben, scheint räumlich dreidimensional und raumzeitlich vierdimensional. Es ist also sinnvoll, den oben beschriebenen und zweidimensional formulierten Ansatz zu verallgemeinern. Dabei wird sich erneut zeigen, dass Grassmann konzeptionell ehrlicher ist als Hamilton.

Während Grassmann alle vier Basisvektoren, also auch den zeitlichen Basisvektor γ_t, als zueinander anti-kommutativ und somit geometrisch orthogonal stehend beschreibt, täuscht Hamilton in seinen Quaternionen vor, dass der skalar beschriebene (in moderner Sichtweise also zeitliche) Anteil eines Quaternions mit allen anderen Anteilen vertauscht. Durch die Einführung konjugierter Quaternionen schummelt Hamilton diese vordergründige Kommutativität weg und modelliert – ohne es zu merken – eine auch zeitlich anti-kommutative Struktur.

Im vierdimensionalen Raum kann das Geometrische Produkt zweier rein räumlicher Vektoren $\mathbf{a} = a_0\,\sigma_0 + a_1\,\sigma_1 + a_2\,\sigma_2 + a_3\,\sigma_3$ und $\mathbf{b} = b_0\,\sigma_0 + b_1\,\sigma_1 + b_2\,\sigma_2 + b_3\,\sigma_3$ durch mittige Einmultiplikation eines neutralen Elements $\sigma_0^2 = 1$ in ein Produkt quaternionenartiger Zahlen überführt werden, wenn die Bivektoren $i_1 = \sigma_0\sigma_1$, $i_2 = \sigma_0\sigma_2$ und $i_3 = \sigma_0\sigma_3$ als quaternionenartige Basiseinheiten mit $i_1^2 = i_2^2 = i_3^2 = -1$ gedeutet werden:

$$\mathbf{a}\,\mathbf{b} = \mathbf{a}\,\sigma_0^2\,\mathbf{b} = (a_0 - a_1\,\sigma_0\sigma_1 - a_2\,\sigma_0\sigma_2 - a_3\,\sigma_0\sigma_3)\,(b_0 + b_1\,\sigma_0\sigma_1 + b_2\,\sigma_0\sigma_2 + b_3\,\sigma_0\sigma_3)$$
$$= (a_0 + i_1\,a_1 + i_2\,a_2 + i_3\,a_3)^*\,(b_0 + i_1\,b_1 + i_2\,b_2 + i_3\,b_3) = a^*\,b$$

Analog kann in einer vierdimensionalen Raumzeit das Geometrische Produkt aus zwei raumzeitlichen Vektoren $\mathbf{a} = a_0\,\gamma_0 + a_1\,\gamma_1 + a_2\,\gamma_2 + a_3\,\gamma_3$ und $\mathbf{b} = b_0\,\gamma_0 + b_1\,\gamma_1 + b_2\,\gamma_2 + b_3\,\gamma_3$ durch mittige Einmultiplikation des neutralen Elements $\gamma_0^2 = 1$ in ein Produkt pseudo-quaternionischer Zahlen überführt werden, wenn die Bivektoren $j_1 = \gamma_0\gamma_1$, $j_2 = \gamma_0\gamma_2$ und $j_3 = \gamma_0\gamma_3$ als pseudo-quaternionische, also reellwertige Basiseinheiten mit $j_1^2 = j_2^2 = j_3^2 = +1$ gedeutet werden:

$$\mathbf{a}\,\mathbf{b} = \mathbf{a}\,\gamma_0^2\,\mathbf{b} = (a_0 - a_1\,\gamma_0\gamma_1 - a_2\,\gamma_0\gamma_2 - a_3\,\gamma_0\gamma_3)\,(b_0 + b_1\,\gamma_0\gamma_1 + b_2\,\gamma_0\gamma_2 + b_3\,\gamma_0\gamma_3)$$
$$= (a_0 + j_1\,a_1 + j_2\,a_2 + j_3\,a_3)^*\,(b_0 + j_1\,b_1 + j_2\,b_2 + j_3\,b_3) = a^*\,b$$

Auch bei höher-dimensionaler Verallgemeinerung folgt also zwingend: Jedes Geometrische Produkt **a b** kann eindeutig als Produkt a*b einer quaternionenartigen bzw. pseudo-quaternionisch konjugierten Zahl a* und einer quaternionenartigen bzw. pseudo-quaternionischen Zahl b geschrieben werden.

Und erneut: Die komplexe Konjugation wurde erfunden, damit wir mogeln und nichtkommutative Strukturen mit Hilfe kommutativer Größen modellieren können.

Quaternionen sind wirklich hässlich!
Abschließend soll noch kurz auf die in den vorangegangenen Abschnitten gewählte Sprachregelung eingegangen werden. Konzeptionell unglücklich – oder hässlich (Horn 2019) – ist im Bereich der komplexen Zahlen lediglich die Nutzung einer komplexen Konjugation. Die komplexen Zahlen ohne komplexe Konjugation stellen das dar, was sie sind: kommutativ und geometrisch konsistent.

Anders sieht es mit den Quaternionen aus, denn sie spiegeln den konzeptionellen Konflikt zwischen der geometrischen Ideengestaltung Hamiltons und Grassmanns wieder. Deshalb wurde in den vergangenen Abschnitten die Bezeichnung quaternionenartige (und nicht: quaternionische) Basiseinheiten i_1, i_2, i_3 gewählt, die anti-kommutativ sind:

$$i_1\,i_2 = -\,i_2\,i_1 = \sigma_2\sigma_1 \neq i_3 \qquad i_2\,i_3 = -\,i_3\,i_2 = \sigma_3\sigma_2 \neq i_1 \qquad i_3\,i_1 = -\,i_1\,i_3 = \sigma_1\sigma_3 \neq i_2$$

Diese Basiseinheiten sind nicht quaternionisch, denn sie folgen nicht der geometrisch absurden Konvention Hamiltons, der das Produkt zweier Basisgrößen (die in seinen Augen Basisvektoren sind) erneut als Basisvektor zu deuten. Vielmehr sollte die geometrisch fundierte Sichtweise von Grassmann zum Tragen kommen, der das Produkt zweier vektorieller, also eindimensionaler Basiseinheiten als bivektorielle, also flächenartig zweidimensionale Basiseinheiten ansieht. Somit ist gerechtfertigt, dass Sarton feststellt: „… Grassmann was a little ahead of Hamilton, and his doctrine was from the beginning deeper and more inclusive“ (Sarton 1944, S. 327).

Diese tiefere und umfassendere Einsicht Grassmanns in geometrische Zusammenhänge zeigt sich auch im Scheitern Hamiltons (Baez 2002), mit Tripletts der Form $a = a_0 + i_1\,a_1 + i_2\,a_2$ (Vince 2011, S. 48) Rotationen im dreidimensionalen Raum zu modellieren. Selbstverständlich ist dies möglich. Auf Grundlage der Ausdehnungslehre Grassmanns können Reflexionen (Horn 2015) und damit Rotationen als zweifache Reflexionen problemlos durch Triplett-Multiplikationen der Form $a_{ref} = (b^*\,a)^*\,b = b\,a^*\,b$ dargestellt werden. Man muss sie lediglich in triplett-förmig verallgemeinerten komplexen Zahlen (also Tripelonen, Triplionen oder lateinisch ansprechender: Tertionen anstelle von Quaternionen) verstecken.

Literatur

Baez, J.C. (2002). The Octonions. arXiv:math.RA/0105155v4 [23.04.2002]

Borota, N.A., Flores, E. & Osler, T.J. (2000). Spacetime Numbers The Easy Way. Mathematics and Computer Education, Vol. 34, No. 2, 159-168

Borota, N.A. & Osler T.J. (2002). Functions of a Spacetime Variable. Mathematics and Computer Education, Vol. 36, No. 3, 231-239

Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press

Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.) (2018). Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer

Hestenes, D. (2002). New Foundations for Classical Mechanics. 2. Auflage, New York: Kluwer

Hestenes, D. (2003a). Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics. American Journal of Physics, Vol. 71, No. 2, 104-121

Hestenes, D. (2003b). Spacetime Physics with Geometric Algebra. American Journal of Physics, Vol. 71, No. 7, 691-714

Hestenes, D. (2013). Modeling Theory for Math and Science Education → 3.8 Epilogue: A New Generation of Mathematical Tools. In R. Lesh, P.L. Galbraith, C.R. Haines & A. Hurford (Hrsg.), Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies, ICTMA 13 Proceedings. Dordrecht: Springer, 13-41

Hestenes, D. (2015). Space-Time Algebra. 2. Auflage, Cham, Heidelberg, New York: Springer

Horn, M.E. (2014). An Introduction to Geometric Algebra with some Preliminary Thoughts on the Geometric Meaning of Quantum Mechanics. In D. Schuch & M. Ramek (Hrsg.), Symmetries in Science XVI, Proceedings of the International Symposium in Bregenz 2013. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 538 (2014) 012010. Bristol: IOP Publishing

Horn, M.E. (2015). Sandwich Products and Reflections. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Wuppertal 2015, Beitrag DD 17.7, URL [17.12.2015] www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/642

Horn, M.E. (2018). Another Introduction to Geometric Algebra with some Comments on Moore-Penrose Inverses. In D. Schuch & M. Ramek (Hrsg.), Symmetries in Science XVII, Proceedings of the International Symposium in Bregenz 2017. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1071 (2018) 012012. Bristol: IOP Publishing

Horn, M.E. (2019). If You Split Something into Two Parts, You Will Get Three Pieces: The Bilateral Binomial Theorem and its Consequences. Symposiumsbeitrag Symmetries in Science XVIII am 9. Aug. 2019 in Bregenz. Zur Veröffentlichung geplant bei Journal of Physics: Conference Series. Bristol: IOP Publishing

Nerdel, C. (2017). Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule. Berlin: Springer Spektrum

Parra Serra, J.M. (2009). Clifford Algebra and the Didactics of Mathematics. Advances in Applied Clifford Algebras, Vol. 19, No. 3/4, 819-834

Schwerdtfeger, H. (1979). Geometry of Complex Numbers → Appendix 4: Complex Numbers in Geometry by I. M. Yaglom. New York: Dover Publications, 189-190

Sarton, G. (1944). Grassmann – 1844. Isis, Vol. 35, No. 4, 326-330

Snygg, J. (1997). Clifford Algebra. A Computational Tool for Physicists. New York, Oxford: Oxford University Press

Vince, J. (2011). Quaternions for Computer Graphics. London, Dordrecht, Heidelberg: Springer

Nina Pandikow Justus-Liebig-Universität Gießen
Claudia v. Aufschnaiter

Studentische Vorgehensweisen bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben

Die Bearbeitung von Rechenaufgaben (RA) stellt Studierende in physikalischen und mathematischen Schritten vor Herausforderungen (z. B. Brandenburger, Mikelskis-Seifert & Labudde, 2014; Woitkowski & Reinhold, 2018). Es liegt deshalb nahe, dass Maßnahmen zur Unterstützung der Studierenden zum erfolgreicheren und eigenständigeren Bearbeiten von RA ergriffen werden sollten. Wie solche Maßnahmen ausgestaltet sein müssten, ist jedoch weitgehend unklar. Unter der Annahme, dass erfolgreiche Lernprozesse eng an aktuell vorliegende Fähigkeiten und Fertigkeiten gekoppelt sind (z. B. Widodo & Duit, 2004; Schecker et al., 2018), ist zunächst zentral, die individuellen Bearbeitungsprozesse genauer zu betrachten, um adaptive Förderansätze ableiten zu können. Im Rahmen des Projekts sollen daher, unter dem übergeordneten Ziel der Ableitung von Förderansätzen zur erfolgreichen Bearbeitung von RA, Vorgehensweisen und Schwierigkeiten Studierender entlang verschiedener Lösungsabschnitte (vgl. Blum & Leiß, 2005; Pólya & Conway, 1985) explorativ untersucht werden:

FF1: Wie gehen Studierende beim Lösen von RA in einzelnen Lösungsabschnitten vor und welche Schwierigkeiten treten dabei auf?

Aus der Problemlöseforschung liegen bereits Befunde zu möglichen Zusammenhängen zwischen dem Löseerfolg und dem Fachwissen in Physik und Mathematik, der Fähigkeit zur Auswahl von Lösungsansätzen, der Intelligenz, dem Vernetzungsgrad von Wissen sowie einigen weiteren Personenmerkmalen vor (z. B. Brandenburger, 2016; Friege, 2001; Friege & Lind, 2004). Hierbei hat sich beispielsweise das physikalische Fachwissen in Kombination mit der Fähigkeit zur Auswahl von Lösungsansätzen als starker Prädiktor für den Löseerfolg erwiesen (Friege & Lind, 2004). Die Identifikation von Lösungsansätzen lässt sich somit als eine Schlüsselstelle im Bearbeitungsprozess vermuten, sodass diese genauer betrachtet werden soll:

FF2: Inwiefern gelingt es Studierenden Lösungsansätze für RA zu identifizieren und welche Schwierigkeiten treten dabei auf?

Die o. g. Untersuchungen auf dem Gebiet der Problemlöseforschung liefern Aussagen über das *Ergebnis* des Bearbeitungsprozesses. In Bezug auf Bearbeitungs*prozesse* finden sich in der Forschung bislang primär Beschreibungen von Vorgehensweisen, Strategien und Schwierigkeiten beim Bearbeiten von RA (z. B. Kipman, 2018; Pusch, 2014; Tuminaro, 2004), aber kaum Analysen von möglichen Zusammenhängen des Auftretens dieser mit den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Anwender*innen. Hierdurch wären jedoch Rückschlüsse darauf möglich, ob bestimmte Personengruppen im Bearbeitungsprozess unterschiedlich vorgehen, und ob sie häufiger mit bestimmten Schwierigkeiten konfrontiert werden. Aus diesem Grund sollen diese Zusammenhänge zusätzlich genauer analysiert werden:

FF3: Inwiefern bestehen Zusammenhänge zwischen bestimmten Personenmerkmalen und dem Vorgehen der Studierenden in einzelnen Abschnitten des Bearbeitungsprozesses sowie dabei auftretenden Schwierigkeiten?

Neben der Berücksichtigung von Personenmerkmalen für die Ableitung von Förderansätzen scheint es ertragreich, auch Aufgabenmerkmale einzubeziehen, da RA üblicherweise nur eine eingeschränkte Anzahl an Variationen im Lösungsvorgehen erlauben und somit Potentiale für diverse Schwierigkeiten eröffnen können. Somit ist zu erwarten, dass das Vorgehen von Studierenden bei der Bearbeitung von RA und dabei auftretende Hürden nicht nur von Personenmerkmalen, sondern auch von Aufgabenmerkmalen beeinflusst werden kann:

FF4: Inwiefern bestehen Zusammenhänge zwischen bestimmten Aufgabenmerkmalen und dem Vorgehen der Studierenden in einzelnen Abschnitten des Bearbeitungsprozesses (insb. beim Identifizieren von Lösungsansätzen) sowie dabei auftretenden Schwierigkeiten?

Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen ist in die folgenden drei Teile gegliedert: Erhebung von *Personenmerkmalen* (Teil I), Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten beim *Identifizieren von Lösungsansätzen* (Teil II) sowie Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten in vollständigen *Bearbeitungsprozessen* (Teil III). In den Teilen II & III sollen *Aufgabenmerkmale* von RA systematisch variiert werden, um Zusammenhänge dieser Variation mit Vorgehensweisen und Schwierigkeiten zu untersuchen. Die Erhebungen sollen mit Studierenden zu Beginn des Studiums (1., 3. & 5. Semester) durchgeführt werden, um vor allem Hinweise für die Konstruktion von Fördermaßnahmen zu Studienbeginn ableiten zu können. Aus demselben Grund wird als Themengebiet die Mechanik gewählt, die die erste Thematik des Physikstudiums an der Justus-Liebig-Universität Gießen darstellt. Das geplante methodische Vorgehen in den einzelnen Teilen wird im Folgenden genauer ausgeführt.

Teil I: Erhebung von Personenmerkmalen

Zur Erhebung der Personenmerkmale soll ein durch die Adaption bereits bestehender Testinstrumente erstellter Papier-und-Bleistift-Test eingesetzt werden. Dieser soll

- das Mechanikverständnis der Studierenden in einem Ordered Multiple Choice-Format inkl. einiger offener Aufgaben (vgl. Just & v. Aufschnaiter, 2019),
- die Fähigkeit zur Durchführung mathematischer Operationen,
- die Intelligenz der Studierenden (Heller & Perleth, Subskala N2) sowie
- die Selbsteinschätzung der Studierenden bzgl. dem Bearbeiten von RA (vgl. Dickhäuser et al., 2002) erfassen.

Teil II: Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten beim Identifizieren von Lösungsansätzen

Im zweiten Teil der Erhebung soll auf den Bearbeitungsschritt der Identifikation von Lösungsansätzen fokussiert werden. Hierfür sollen die Studierenden 31 RA in Einzelarbeit nach ähnlichem Lösungsvorgehen gruppieren und dabei entstehende Stapel nach dem Lösungsvorgehen schlagwortartig benennen (vgl. Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Friege & Lind, 2004; Graulich & Bhattacharyya, 2017). Die RA werden dabei schrittweise in Umschlägen hereingegeben. RA innerhalb eines Umschlages sind in ihrer Oberflächenstruktur identisch (gleicher Kontexttyp: Flugaufgabe vs. Rutschaufgabe, gleiche Bewegungsrichtung: vertikal vs. horizontal & vertikal, gleiche Bewegungsform: konstante Geschwindigkeit vs. beschleunigte Bewegung), um zu erwartende Gruppierungen nach Oberflächenmerkmalen nicht zu provozieren (vgl. Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Die RA in einem Umschlag unterscheiden sich in ihrer Tiefenstruktur bzw. der anzuwendenden Lösungsansätze (Energiebilanzen, Kräftesuperposition, Lösungen von Bewegungsgleichungen). Um über verschiedene Kombinationen von Oberflächen- und Tiefenstrukturmerkmalen Aussagen

treffen zu können, werden die Oberflächenmerkmale systematisch über die Umschläge hinweg variiert (s. *Abb. 1*).
Der Gruppierungsprozess der einzelnen Studierenden soll videografiert und durch ein leitfadengestütztes Interview begleitet werden, sodass abhängig von der vorliegenden Gruppierung der RA (Oberflächen-, Tiefenstrukturgruppierung, Mischform) Einhilfen gegeben und Nachfragen, u. a. zu auftretenden Schwierigkeiten, gestellt werden können.

Umschlag:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Anzahl RA:	*9*	*6*	*6*	*4*	*6*
Kontexttyp					
„Flug“	x	x			x
„Rutsch“			x	x	
Bewegungsrichtung					
vertikal	x				
horizontal und vertikal		x	x	x	x
Bewegungsform					
$v \neq 0\ ^{m}/_{s},\ a = 0\ ^{m}/_{s^2}$				x	
$v \neq 0\ ^{m}/_{s},\ a \neq 0\ ^{m}/_{s^2}$	x	x	x		x
Anzahl notwendiger Lösungsansätze					
1	x	x	x	x	
2					x

Abb. 1: Variation von Oberflächenmerkmalen über Umschläge hinweg

Teil III: Erhebung von Vorgehensweisen und auftretenden Schwierigkeiten in Bearbeitungsprozessen
Um vollständige Bearbeitungs*prozesse* – und nicht nur die Prozess*ergebnisse* – analysieren zu können, soll die studentische Bearbeitung einer Auswahl an RA mit Kameras und Smartpens aufgezeichnet werden. Nach der Bearbeitung einiger Grundaufgaben, deren Merkmale auf Basis der Ergebnisse von Teil II gewählt werden, sollen die Studierenden per Selbstrating über feste Parameter (angemessener Ansatz, angemessene Lösung, Sicherheit in der Lösungsfindung) weitere RA zur Bearbeitung wählen. Hierdurch soll eine Ausrichtung an den individuellen Schwierigkeiten der Studierenden ermöglicht werden. Während der gesamten Bearbeitung sollen den Studierenden strukturelle, physikalische und mathematische Hilfestellungen zur Verfügung stehen, sodass sie auch bei auftretenden Schwierigkeiten voranschreiten und alle Lösungsabschnitte des Bearbeitungsprozesses erreichen können. Hierdurch sollen zusätzlich erste Hinweise zur Wirkung von Hilfestellungen im Bearbeitungsprozess abgeleitet werden können.

Ausblick
Die Vorarbeiten für Teil II sind vollständig abgeschlossen. Im November 2019 wird eine Pilotierung des Vorgehens in Teil II mit ca. 10 Physik-Examenskandidat*innen vorbereitend auf die im Februar 2020 geplante Haupterhebung durchgeführt. Bis dahin sollen auch die für die Erfassung der Personenmerkmale notwendigen Instrumente zusammengestellt und, falls erforderlich, geringfügig modifiziert sein (Teil I).
Für die Vorbereitung der Durchführung von Teil III werden aktuell insbesondere Fragen der zu wählenden Sozialform (Einzelarbeit, Gruppenarbeit), in der die Aufgaben bearbeitet werden sollen, und Verfahren zur Anregung der Kommunikation über individuelle Schwierigkeiten (lautes Denken, Nachfragen / Prompts, Audio Diary, Stimulated Recall) diskutiert. Zudem wird ein Verfahren zur Zuteilung der RA über das Selbstrating entwickelt.

Literatur

Blum, W., & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der "Tanken"-Aufgabe. *Mathematik Lehren*, 18-21.

Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?* Berlin: Logos.

Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S., & Labudde, P. (2014). Problemlösen in der Mechanik: eine Untersuchung mit Studierenden. In *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung,* Frankfurt.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *2*(5), 121-152.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23*(4), 393-405.

Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos.

Friege, G., & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 57*, 259–265.

Graulich, N. & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 18*(4), 774-784.

Heller, K. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeits-Test für 5. bis 12. / 13. Klassen, Revision: KFT 5-12+R*. Weinheim: Beltz Test GmbH.

Just, A. M. & v. Aufschnaiter, C. (2019). *Differenzierender Schülervorstellungstest zur Mechanik*. Unveröffentlicht. Gießen: Institut für Didaktik der Physik, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Kipman, U. (2018). *Problemlösen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Pólya, G., & Conway, J. H. (2014). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (New edition). Princeton, Oxford: Princeton University Press.

Pusch, A. (2014). *Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik*. Berlin: Logos.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Tuminaro, J. (2004). *A cognitive framework for analyzing and describing introductory students' use and understanding of mathematics in physics*.

Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 232–254.

Woitkowski, D. & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotierergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen* (S. 726-729). Regensburg: Universität Regensburg.

Tanja Mutschler[1] Universität Potsdam[1]
David Buschhüter[1] Universität Helsinki[2]
Inkeri Kontro[2]
Andreas Borowski[1]

Beyond FCI: Internationale Vergleiche mithilfe eines erweiterten FCI

Motivation

Als Folge der Globalisierung hat der Ausbau interkultureller Vergleichsforschung stark zugenommen und so den Diskurs über Vergleiche zwischen unterschiedlichen kulturellen Kontexten weiter angeregt (Curtarelli & van Houten, 2018). Trotz ihrer großen Bedeutung für die globalisierte Gesellschaft hat die internationale Vergleichsforschung immer noch stark mit methodischen Problemen zu kämpfen (Curtarelli & van Houten, 2018; Sekaran, 1983). Denn um die von der Bologna-Erklärung geforderten Kernziele, wie die Schaffung eines gemeinsamen europäischen Hochschulraums, der die Anerkennung von Studienleistungen und Studienabschlüssen beinhaltet (Bologna Process Committee, 1999), zu erreichen, bedarf es Testinstrumente, die einen *gültigen* Vergleich zwischen den verschiedenen kulturellen Kontexten zulassen und in der Lage sind, Lernergebnisse zu messen. Laut CALOHEE (2018, S. 1) erlauben bestehende Instrumente aber weder einen transnationalen Vergleich, noch die Messung des Gelernten. Aus diesem Grund betont das EU-geförderte Projekt die Wichtigkeit der Entwicklung dieser Testinstrumente und fokussiert dabei unter anderem auch die Physik-Hochschulausbildung.

In diesem Fachbereich gibt es eine Vielzahl von Tests, die Leistungen bzw. Fähigkeiten in verschiedenen Fachwissensbereichen messen. Das Force Concept Inventory (FCI) von Hestenes et al. (1992) gehört dabei zu den bekanntesten. Es gilt als ein jahrzehntelang erprobtes und international verwendetes, standardisiertes Diagnoseinstrument „zur Bestimmung des qualitativen Verständnisses der newtonschen Mechanik“ (Wilhelm & Heuer, 2005, S. 1) und hätte damit die Voraussetzungen als Vergleichsinstrument innerhalb der frühen, universitären Physikausbildung eingesetzt zu werden. Da dieses Instrument in Populationen einiger Länder Deckeneffekte aufweist (vgl. Persson, 2015), bedarf es aber weiterer Items mit höheren Aufgabenschwierigkeiten, um valide Vergleiche zwischen entsprechenden Gruppen zu ermöglichen.

Ziel der vorliegenden Studie ist es deshalb, neue Items für den FCI zu entwickeln und diese mithilfe etablierter Verfahren zu übersetzen. In einem ersten Schritt wird mithilfe einer Think-Aloud-Studie die Vergleichbarkeit englisch- und deutschsprachiger Items überprüft und in einer ersten Version präpilotiert. Auf Basis der Ergebnisse wird diskutiert, inwiefern sich die Testitems für internationale Vergleiche eignen.

Theoretischer Hintergrund

Der FCI gilt als der „bekannteste Test zur Messung des konzeptuellen Verständnisses in den grundlegenden Gebieten der Physik“ (Enders, 2016, S. 4). Trotz einiger Kritik an seiner Aussagekraft (u.a. Huffman & Heller, 1995; Schecker & Gerdes, 1999), wird der FCI im Schul- und Hochschulbereich eingesetzt, um Lehrveranstaltungen zu evaluieren (u.a. Maries & Singh, 2016) oder Vorstellungen von Lernenden zu erfassen (u.a. Savinainen & Scott, 2002). Da der Multiple-Choice-Test ursprünglich aber für den Einsatz an High Schools gedacht war, kommt es beim Einsatz an Universitäten teils zu Deckeneffekten (Persson, 2015). Aufgrund der hohen Akzeptanz und seiner vielfachen Verwendung ist der Einsatz des FCI als Instrument für internationale Vergleiche dennoch vorstellbar.

In diesem Zusammenhang betonen zahlreiche Studien (u.a. Curtarelli & van Houten, 2018; Hambleton & Kanjee, 1995) die besonderen Anforderungen an Testinstrumente, die für

Vergleiche zwischen kulturellen Kontexten eingesetzt werden. Um die Validität der Interpretationen der Testinstrumente nicht einzuschränken, muss laut Hult et al. (2008) Datenäquivalenz über die Dimensionen Konstrukt, Messung und Datenerhebung gewährleistet sein. Letztere ist dabei der am wenigsten problematische Aspekt. Bezüglich der Konstruktäquivalenz bietet Duit (2009) in diesem Zusammenhang einen guten Überblick. Die Übersetzungsäquivalenz – als Teil der Messäquivalenz – wird als zentralste Einheit angesehen (Poortinga, 1983). Die Implementierung dieser wird in den meisten Studien aber selten bis gar nicht dargestellt (Hult et al., 2008). Auch deutsche Übersetzungen des FCI wurden hinsichtlich ihrer Übersetzungsäquivalenz nur wenig diskutiert.
Um nun einen erweiterten FCI als Instrument für transnationale Vergleiche verwenden zu können, muss sichergestellt werden, dass der Test zum einen Fähigkeitsunterschiede von höchstleistenden Studierenden auflöst und zum anderen die (Mess-)Äquivalenz gewährleistet. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

F1: Inwieweit sind die neuen Testitems in der Lage, Fähigkeitsunterschiede des oberen Leistungsbereiches aufzulösen?
F2: Inwiefern zeigen sich Unterschiede zwischen finnischen und deutschen Studierenden in der Bearbeitung der Aufgaben?

Methodik
Um sicherzustellen, dass Fähigkeitsunterschiede von höchstleistenden Studierenden abgebildet werden, wurden Items aus dem FCI entnommen und durch schwerere Items anderer Tests (Thornton & Sokoloff, 1998 [FMCE]; Rosenblatt & Heckler, 2011 [FVA]; Halloun, 2007 [IBMC]; Singh & Rosengrant, 2003 [EMCS]) bzw. selbstentwickelter Items ausgetauscht. Die resultierende FCI-Version setzt sich aus 17 ursprünglichen Items (wovon zwei stark überarbeitet wurden) und 14 neuen, teils offenen und teils geschlossenen Items (wovon sechs neu erstellt und acht aus anderen Tests übernommen wurden) zusammen. Um auch die curriculare Fachwissenserweiterung abzudecken, wurden die Themenbereiche *Energie*- und *Impulserhaltung* mit in das Testinstrument aufgenommen.
Sowohl die 14 neuen als auch die beiden stark überarbeiteten Items wurden mittels TRAPD-Methode (*Translation, Review, Adjudication, Pretesting, Documentation*) (Curtarelli & van Houten, 2018) übersetzt. Dafür wurden von zwei Expertinnen unabhängige Übersetzungen angefertigt, die dann in einer Reviewsession besprochen und anschließend von einem dritten Gutachter zusammengeführt wurden. Diese Übersetzung wurde dann durch eine Think-Aloud-Studie mit N=15 Teilnehmenden aus Deutschland und Finnland qualitativ validiert. Das neue Testinstrument wurde sowohl in Finnland (N=107; Universität Helsinki) als auch in Deutschland (N=20; Universität Potsdam) am Ende des ersten Semesters (und damit *nach* Teilnahme an den Einführungs-Mechanikveranstaltungen) präpilotiert.

Ergebnisse
Die quantitative Auswertung zeigt, dass die neuen Items Unterschiede im oberen Leistungsbereich auflösen und keine Deckeneffekte (nach Rost, 1996) erkennbar werden (vgl. Abb. 1 & Abb. 2). Somit lassen sich auch die Fähigkeiten höchstleistender Studierender in den vorliegenden Stichproben auflösen.
Die Think-Aloud-Studie deutet auf ein globales Verständnis der Items der Testteilnehmenden beider Nationen hin. Aufgetretene Unterschiede in den Problemlöseprozessen zeigten sich bei alltagssprachlichen Begriffen und kontextualisierten Situationen. Beispielsweise führte der Begriff „Hang“ (im Gegensatz zu „hill“) im Item Nr. 16 zu Assoziationen mit der Hangabtriebskraft bei den deutschen Teilnehmenden. Diese diskutierten das Item dann im Hinblick auf die wirkenden Kräfte – also mit einem dynamischen Ansatz. Finnische Studierende nutzten zum Lösen der Aufgabe jedoch mehrheitlich einen kinematischen Ansatz.

In Abb. 2 ist zu erkennen, dass sich bei diesem Item (gelbe Markierung) auch die relativen Lösungshäufigkeiten stark unterscheiden und ein Zusammenhang deswegen naheliegend ist. Ein anderer Begriff, der unterschiedlich von den Studienteilnehmenden verstanden wurde, ist „rollen“ bzw. „rolling“ (Item Nr. 17). So setzten die deutschen Studierenden Reibung als Bedingung für diese Bewegungsart voraus. Diese zwar fachlich korrekte Aussage führte im Rahmen des Tests aber dazu, dass der Lösungsweg deutlich komplexer wurde und dadurch seltener zur richtigen Antwort führte. Dieses Ergebnis zeigt sich ebenfalls in Abb. 2 (grüne Markierung). Insgesamt konnten durch die Think-Aloud-Studie fünf Items herausgearbeitet werden, deren Formulierungen angepasst werden müssen.
In Abb. 2 ist ein Streudiagramm der klassischen Aufgabenschwierigkeit über die beiden Stichproben dargestellt. Ausreißende Items können zum Teil mit den Ergebnissen der Think-Aloud-Studie in Zusammenhang gebracht werden (vgl. Items Nr. 16 & 17, Abb. 2). Andere Items, die stark von der Positionierung entlang des Graphen abweichen, geben Hinweise auf nicht-übersetzungsbedingte Unterschiede (z.B. andere curriculare Fokussierung) und sollten dahingehend untersucht werden. Nicht alle Unterschiede in den Problemlöseprozessen der Teilnehmenden, die in der Think-Aloud-Studie aufgedeckt wurden, werden in der quantitativen Darstellung sichtbar.

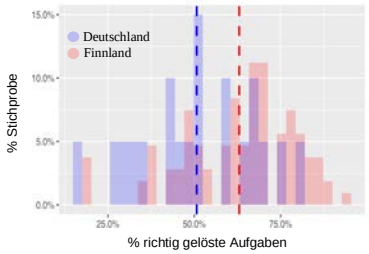


Abb. 1 - Scoreverteilung für die Stichproben DEU - FIN

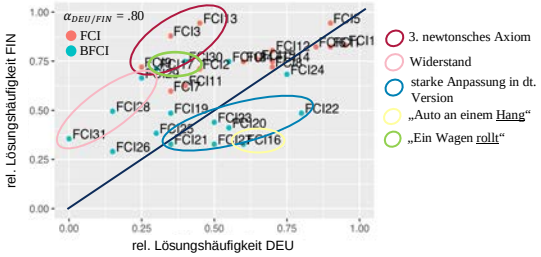


Abb. 2 - Itemverteilung betreffend ihrer relativen Lösungshäufigkeit im Vergleich DEU - FIN

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der weiterentwickelte Test durchaus als internationales Vergleichsinstrument innerhalb der frühen Physikausbildung eingesetzt werden kann, ohne, dass Deckeneffekte auftreten. Im nächsten Schritt sollten dafür – basierend auf den Erkenntnissen der Think-Aloud-Studie – bestehende, offene Items geschlossen und die Übersetzung kritischer Formulierungen überarbeitet werden. Zusätzlich müssten Lösungsansätze dafür integriert werden, dass Aufgaben, die Übersetzungsäquivalenz aufweisen und für die curriculare Validität wichtig sind, wahrscheinlich DIF (Differential Item Functioning) zeigen.
Es konnte weiterhin herausgestellt werden, dass die durch die Think-Aloud-Studie ermittelten Unterschiede in der Bearbeitung der Items weder durch Expert*innenbegutachtungen innerhalb des TRAPD-Verfahrens noch durch die Auswertung der quantitativen Daten vollständig aufgedeckt werden konnten. Es wird daher angeraten, qualitative Validierungen von Übersetzungen mittels Think-Aloud-Studien ergänzend bei der Entwicklung von internationalen Vergleichsinstrumenten einzusetzen (vgl. OECD, 2017), um die von Hult et al. (2008) geforderte Messäquivalenz zu gewährleisten und individuelle Problemlöseprozesse genauer abzubilden.

Danksagung

Wir danken Prof. Ian Bearden (Universität Kopenhagen) und Prof. Ann-Marie Pendrill (Universität Lund) für die Zusammenarbeit an der Entwicklung der BFCI-Items.

Literatur

Bologna Process Committee. (1999). Joint declaration of the European Ministers of Education convened in Bologna on 19 June 1999 (The Bologna Declaration). Verfügbar unter: http://www.ehea.info/media.ehea.info/file/Ministerial_conferences/02/8/1999_Bologna_Declaration_English_553028.pdf

CALOHEE. (2018). *Tuning CALOHEE Assessment Reference Framework for Civil Engineering, Teacher Education, History, Nursing, Physics.* Groningen: University of Groningen.

Curtarelli, M. & van Houten, G. (2018). Questionnaire translation in the European Company Survey: Conditions conducive to the effective implementation of a TRAPD based approach. *Translation & Interpreting Vol. 10 No. 2 (2018)*, pp. 34-54.

Duit, R. (2009). STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. Verfügbar unter: http://archiv.ipn.unikiel.de/stcse/download_stcse.html

Enders, J. (2016). Peer Instruction und Flipped Classroom in der Service-Lehre Physik. *Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung Hannover 2016*.

Halloun, I. (2007). Inventory of Basic Conceptions – Mechanics [IBMC] [Measurement Instrument]. Verfügbar unter https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=95&A=IBCM

Hambleton, R. & Kanjee, A. (1995). Increasing the validity of cross-cultural assessments: use of improved methods for test adaptions. *European Journal of Psychological Assessment, Vol. 11, No. 3,* pp. 147-157.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher, Vol. 30, March 1992*, pp. 141-158.

Huffman, D. & Heller, P. (1995). What Does the Force Concept Inventory Actually Measure? *The Physics Teacher, Vol. 33,* pp. 138-143.

Hult, T. et al. (2008). Data equivalence in Cross-Cultural International Business Research: Assessment and Guidelines. *Journal of International Business Studies, Vol. 39 (2008),* pp. 1027-1044.

Maries, A. & Singh, C. (2016). Teaching assistants' performance at identifying common introductory students difficulties in mechanics revealed by the Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research, Vol. 12, No. 1*, 010131(26).

OECD. (2017). PISA 2015 Technical Report. Verfügbar unter https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2015-technical-report-final.pdf

Persson, J. (2015). Evaluating the Force Concept Inventory for different student groups at the Norwegian University of Science and Technology. Verfügbar unter: arXiv:1504.06099.

Poortinga, Y. (1983). Psychometric approaches to intergroup comparison: The problem of equivalence. In Irvine, S. & Berry, J. (Ed.). *Human assessment and cross-cultural factors*. New York: Plenum, pp. 237-258.

Rosenblatt, R. & Heckler, A. (2011). Systematic study of student understanding of the relationships between the directions of force, velocity, and acceleration in one dimension [FVA] [Measurement Instrument]. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research, Vol. 7, No. 2*, 0201121-20. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.7.020112

Rost, J. (1996). *Testtheorie & Testkonstruktion*. Bern: Hans Huber.

Savinainen, A. & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physics Education, Vol. 37, No. 1*, pp. 53-58.

Schecker, H. & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik – Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 5, Heft 1, 1999*, S. 75-89.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin Heidelberg: Springer.

Sekaran, U. (1983). Measurement issues in cross-national research. *Journal of International Business Studies, Vol. 26, No. 3,* pp. 597-619.

Singh, C. & Rosengrant, D. (2003). Multiple-choice test of energy and momentum concepts [EMCS] [Measurement Instrument]. *American Journal of Physics, Vol. 71, No. 6*, pp. 607-617. doi: 10.1119/1.1571832

Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's law: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula [FMCE] [Measurement Instrument]. *American Journal of Physics, Vol. 66, No. 4*, pp. 338-352. doi: 10.1119/1.18863

Wilhelm, T. & Heuer, D. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory" in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. *Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin 2005*.

Dorothee Ermel RWTH Aachen University
Josef Riese

Entwicklung eines Fachpraktikums im Techniklehramt

Die gesellschaftliche Relevanz technischer Anwendungen und der Einfluss von Technik auf unseren Alltag wird immer größer. Wie Schmayl (2010, S. 12) deutlich macht, bedeutet die Vermittlung einer allgemeinen Bildung, „in die Kultur einzuführen, ein Weltverständnis anzubahnen und damit Orientierung zu ermöglichen. Das ist heute nur noch unter ausreichender Berücksichtigung der Technik […] und der Vermittlung einer technischen Bildung durch das allgemeine Schulwesen“ denkbar. Folgerichtig ist das Fach Technik mittlerweile in jedem Bundesland Deutschlands an allgemeinbildenden Schulen vertreten. Die ITEA definiert technische Bildung dabei wie folgt: *„Technological literacy is the ability to use, manage, assess, and understand technology.“* (International Technology Education Association 2007, S. 7).
Vor diesem Hintergrund wurde an der RWTH Aachen unter Federführung der Physikdidaktik ein neuer Lehramtsstudiengang Technik für allgemeinbildende Schulen konzipiert. Ziel des vorgestellten Projekts ist es, ein Fachpraktikum für Lehramtsstudierende im Fach Technik nach dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann 2005) zu entwickeln, in dem die Studierenden praktische Kompetenzen zum Einsatz von Werkzeugen, Materialien und Vorrichtungen im Unterricht allgemeinbildender Schulen erwerben sollen. Im Folgenden werden zunächst die Besonderheiten des Fachs Technik dargestellt und die Inhalte des Lehramtsstudiengangs Technik skizziert. Anschließend wird das Forschungsvorhaben vorgestellt und die methodische Vorgehensweise sowie der aktuelle Stand beschrieben.

Technik als Unterrichtsfach und im Lehramtsstudium

Das Fach Technik ist ein sich kontinuierlich verändernder Lernbereich und zeichnet sich durch seine Aktualität und einen hohen Anteil an praktischen Tätigkeiten aus. Zu den Methoden und Verfahren des Technikunterrichts gehören unter anderem Produktanalysen, Projektbearbeitungen, Konstruktions- und Fertigungsaufgaben sowie das technische Experiment (Bleher 2001, S. 178 und Hüttner 2009). Höpken (2004, S. 64) fordert, dass Techniklehrkräfte „selbst technisch gebildet sein“ sollten und imstande sein sollten, „Technik ‚praktisch umzusetzen‘, indem sie sich die in einer technischen Welt erforderlichen Fähigkeiten aneignen und ein Bewusstsein für die technische Welt, in der wir leben, entwickeln“.
Im Land NRW ist Technikunterricht mittlerweile an etwa 650 von 5000 allgemeinbildenden Schulen und an 54 Schulen auch in der Sekundarstufe II vertreten. Dies ist eine Steigerung von etwa 50% im Vergleich zum Schuljahr 2008/2009. Bei Gymnasien liegt der Anstieg bei etwa 64% (MSB, NRW 2019). Die steigende Anzahl an Schulen mit Technikunterricht bewirkt eine erhöhte Nachfrage an regulär qualifizierten Techniklehrkräften, so dass aktuell der Bedarf kaum gedeckt werden kann.
Aus diesem Grund wurde der Lehramtsstudiengang Technik zum Wintersemester 2016/17 an der RWTH Aachen eingeführt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Im Bachelorstudiengang sollen primär fachwissenschaftliche Kompetenzen in den Bereichen technische Methoden und Verfahren, Technik-Gesellschaft-Natur sowie informationsverarbeitende, energieverarbeitende und stoffverarbeitende Systeme erworben werden (siehe auch Vorgaben des VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2006). Über die fachdidaktischen Grundlagenveranstaltungen hinaus wird ein hoher Wert auf Fachpraxis gelegt, wozu unter anderem zwei Fachpraktika Bestandteil des Studiums sind, die besonders auf die Bedürfnisse der angehenden Techniklehrkräfte abgestimmt wurden bzw. werden.

Forschungsziel und -design
Das Ziel dieser Arbeit ist somit die Konzeption und Evaluation eines bedarfsgerechten Fachpraktikums für angehende Techniklehrkräfte, das dazu befähigen soll, die Herausforderungen praktischer Tätigkeiten im Fach Technik zu meistern. Hierzu gehört es, bzgl. aktueller technischer Entwicklungen auf aktuellem Stand zu sein, die Planung, Fertigung und Prüfung technischer Produkte und damit die häufige Nutzung technischer Geräte und Materialien fachlich kompetent anleiten zu können. Für die Entwicklung und Evaluation wird unter Nutzung des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Theyßen 1999) das Praktikum nach dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann 2005) in mehreren Iterationen weiterentwickelt. Es werden drei wichtige Forschungsaspekte berücksichtigt und folgendermaßen umgesetzt:

Die fachliche Perspektive ist einer der zentralen Bereiche der Forschungs- und Entwicklungsarbeit. In diesen „fallen die Klärung der Zielsetzung der zu entwickelnden Lernumgebung und die Sachstrukturanalyse“ (Theyßen 2006, S. 35). Die Inhalte und Themen des Praktikums wurden zunächst durch eine Sichtung normativer Vorgaben und fachbezogener Literatur vorstrukturiert. Die Ergebnisse dieser ersten fachlichen Klärung, flossen bereits in den ersten Durchlauf des Praktikums im Sommersemester 2019 ein. Die Weiterentwicklung erfolgt unter Berücksichtigung einer häufig geäußerten Unzufriedenheit von Lehrkräften mit der fachpraktischen Ausbildung im Lehramtsstudium, indem eine Bedarfsanalyse unter Nutzung von Experteninterviews mit Schulpraktiker*innen und Fachleitungen vorgenommen wird. Es wurden bereits Interviews mit 8 Techniklehrkräften aus NRW geführt, die unter anderem nach typischen praktischen Vorhaben und Tätigkeiten in der Schule gefragt wurden. Des Weiteren gaben die Lehrerinnen und Lehrer Bewertungen von verschiedenen technischen Geräten ab und konnten von ihren eigenen Erfahrungen in ihrer Ausbildung berichten sowie hilfreiche und wünschenswerte Inhalte für das Lehramtsstudium im fachpraktischen Bereich benennen.
Die durch eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) gewonnenen Hinweise sollen in die Gestaltung des Praktikums einfließen, um eine Lernumgebung zu schaffen, in der die Studierenden praktische Kompetenzen zum Einsatz von Werkzeugen, Materialien und Vorrichtungen erwerben können, die speziell auf den Unterricht allgemeinbildender Schulen abgestimmt sind. Folgende Forschungsfrage soll im Zusammenhang mit der Berücksichtigung der fachlichen Perspektive bearbeitet werden:
*FF1: Welche fachpraktischen Kompetenzen und Themenfelder sind aus der Sicht von Fachleitungen und Schulpraktiker*innen für angehende Techniklehrkräfte von Bedeutung?*

Die Lernendenperspektive als zweiten Bereich der Forschungs- und Entwicklungsarbeit klärt die „Ziele der Lernenden und der Lernbedingungen“ (Theyßen 2006, S. 35). Sie „soll Aufschluss geben über die individuellen Lernvoraussetzungen sowie die Bedeutungsentwicklung- und Lernprozesse der Studierenden“ (Theyßen 1999, S.19). Dafür sollen zunächst die Vorerfahrungen und Fähigkeiten der Studierenden analysiert werden, indem im Sommersemester 2020 Fragebögen zu den im Rahmen der fachlichen Klärung festgelegten Kompetenzbereichen und Themen des Praktikums eingesetzt werden, in denen die Studierenden ihre Vorerfahrungen und Kompetenzen selbst einschätzen. Darauf aufbauend soll die zweite Forschungsfrage beantwortet werden:
FF2: Welche fachpraktischen Kompetenzen sind bei den Studierenden bereits vorhanden?

Die Didaktische Strukturierung als dritten Bereich der Forschungs- und Entwicklungsarbeit „beinhaltet die Konzeption der Lernumgebung und deren Evaluation“ (Theyßen 2006, S. 35). Sie soll „zum einen auf den Ergebnissen der Fachlichen Klärung und der Ermittlung der Lernendenperspektive aufbauen und zum anderen in konkreten Unterrichtssituationen erprobt,

evaluiert und ggf. iterativ weiterentwickelt werden“ (Theyßen 1999, S. 7). Im Rahmen dieser Arbeit soll die didaktische Strukturierung und Konzeption der Lernumgebung nach dem Design-Based Research-Ansatz als iterativer Prozess geschehen.
Der erste Durchlauf hat auf Grundlage der Sichtung normativer fachlicher Vorgaben und fachbezogener Literatur eine vorläufige Strukturierung des Praktikums ergeben. Dabei führen die Studierenden nach einer selbstständigen Vorbereitung mit einem Skript praktische Arbeiten in drei Themenbereichen „Elektronik und Löten“, „Robotik und Programmieren“ sowie „Fertigungstechnik und Designen“ durch. Beendet wird jeder Themenbereich durch das Anfertigen eines Portfolios. Eine praktische Prüfung zu den behandelten Inhalten schließt das gesamte Praktikum ab.
Für den nächsten Durchlauf des Praktikums ist eine Zwischenevaluation vorgesehen, die in Form von schriftlichen Befragungen bei teilnehmenden Studierenden erfolgen soll. Neben einem Fragebogen zur Qualität von naturwissenschaftlichen Praktika (adaptiert von Rehfeldt 2017) fließt die Auswertung der von den Studierenden während des Praktikums erstellten Portfolios in die Evaluation ein. Diese werden dazu ebenfalls nach Mayring (2015) qualitativ analysiert, wobei zusätzlich eine Selbsteinschätzung zu möglichen Veränderungen im Bereich der fachpraktischen Kompetenzen und Verbesserungsvorschläge zur Weiterentwicklung aus Nutzersicht eingefordert werden. Mit den im Rahmen der Evaluation gewonnenen Daten soll die dritte Forschungsfrage beantwortet werden:
FF3: Wie verändern sich die fachpraktischen Kompetenzen im Laufe des Praktikums in Abhängigkeit von der didaktischen Strukturierung des Praktikums?

Das Forschungsdesign zur Entwicklung und Evaluation des technischen Praktikums ist zusammenfassend in Abb.1. dargestellt. In dieser ist zu erkennen, dass der erste Durchlauf im Sommersemester 2019 auf Grundlage einer ersten Bedarfsanalyse (siehe fachliche Klärung) vorstrukturiert wurde. Die erste Evaluation durch Auswertung der von den Studierenden verfassten Portfolios erfolgt aktuell, ebenso wie die zweite Bedarfsanalyse, welche die Auswertung der bereits geführten Interviews mit Techniklehrkräften beinhaltet. Die Erhebung der Lernendenperspektive auf Grundlage eines inhaltlich adaptierten Selbsteinschätzungsbogens ist erstmals zum kommenden Durchlauf vorgesehen.

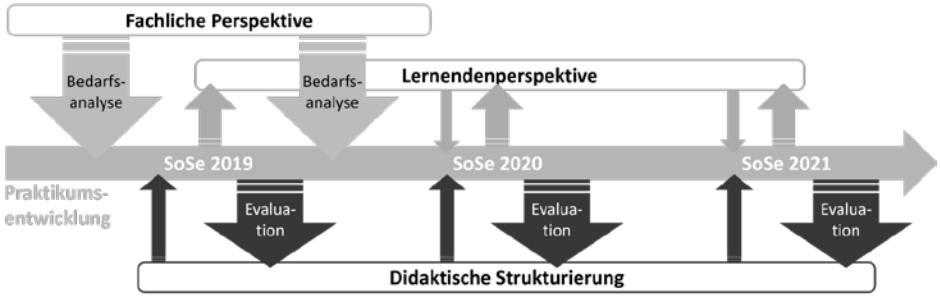


Abb. 1: Forschungsdesign zur Entwicklung und Evaluation eines technischen Fachpraktikums

Aktueller Stand und Ausblick
Im ersten Durchgang des Praktikums konnten insbesondere die Grundstruktur erprobt und erste Rückmeldungen seitens der Studierenden eingeholt werden. Die Ergebnisse aus den Experteninterviews sollen nun die Inhalte empirisch absichern und gegebenenfalls ergänzen. Darauf aufbauend wird dann ein Fragebogen zur eigenen Einschätzung der Studierenden zu ihren Vorerfahrungen und Fähigkeiten im Bereich technisch praktischer Tätigkeiten entwickelt. Die nächste Erprobung des Praktikums erfolgt im Sommersemester 2020.

Literatur

Bleher, W. (2001). Das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehren des Faches Technik. Eine empirische Untersuchung an Hauptschulen in Baden-Württemberg (Didaktik in Forschung und Praxis, Bd. 3). Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (Hrsg.). (2004). Standards für eine allgemeine technische Bildung. Wie man die Qualität technischer Bildung verbessert (Bd. 2). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag GmbH.

Hüttner, A. (2009). Technik unterrichten. Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht (Bibliothek der Schulpraxis, 3. Aufl.). Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer.

ITEA, International Technology Education Association (2007) Standards for technological literacy. Content for the study of technology (3. Aufl.). Reston, Virginia: ITEA.

Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik).

MSB, Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (Hrsg.). (2019) Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht [Themenheft]. Statistische Übersicht (404). Düsseldorf: MSB.

Rehfeldt, D. (2017). Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Dissertation, Freie Universität Berlin. Berlin.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (1), 52–69.

Schmayl, W. (2010). Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Studien zum Physiklernen, Bd. 9). Berlin: Logos-Verl. (Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1999).

Theyßen, H. (2006). Physik für Mediziner - real und hypermedial. Konzeption und Evaluation eines in Inhalten, Methodik und Medieneinsatz adressatenspezifischen Physikpraktikums. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (1), 35–44.

VDI, Verein Deutsche Ingenieure e.V. (2006). Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer an allgemeinbildenden Schulen. Düsseldorf.

Salome Janke
Sebastian Habig
Maik Walpuski
Elke Sumfleth

Universität Duisburg-Essen

Chemiestudierende im Profil – Ergebnisse einer Clusteranalyse

Ausgangslage und Theoretischer Hintergrund:
Seit der Einführung der Bologna-Reform ist die Untersuchung des Studienerfolgs vermehrt in den Fokus der Forschung gerückt. Gerade im Bereich der MINT-Fächer ist die Studienabbruchquote relativ hoch. In dem MINT-zugehörigen Fach Chemie liegt diese bei aktuell 45 % (Heublein et al., 2018). Aus diesem Grund ist die Identifikation von chemiespezifischen Studienerfolgsprädiktoren von besonderer Bedeutung. Innerhalb der Hauptstudie der DFG-Forschergruppe ALSTER wurde an zwei Standorten (Universität Duisburg-Essen, Ruhr-Universität Bochum) der Studienerfolg Chemiestudierender anhand eines Studienerfolgsmodells ähnlich dem von Thiel et al. (2008) untersucht. Für die unterschiedlichen Teilbereiche der Chemie (z. B. Vorwissen und Fachwissen der Allgemeinen, Physikalischen und Analytischen Chemie) wurden erstmals affektive, motivationale sowie fachspezifische Studienerfolgsvariablen erhoben (Averbeck et al. 2017). Es wurden korrelative und regressionsanalytische Beschreibungen der Prädiktoren auf den Studienerfolg im Allgemeinen untersucht. Daten die hingegen die heterogene Studierendenschaft (Busker et al., 2010) im Fach Chemie genauer beschreiben fehlen bisher. Diese Forschungslücke soll geschlossen werden, indem voneinander trennbare Profile Chemiestudierender hinsichtlich ihrer kognitiven und motivationalen Eingangsvoraussetzungen identifiziert und zusätzlich varianzanalytisch mit den kumulierten Klausurnoten als abhängige Variable auf Zusammenhänge zwischen den Clustern überprüft werden.

Methode:
Innerhalb der ALSTER-Hauptstudie (WS 16/17) wurden 221 vollständige Datensätze der Erstsemesterstudierenden der Fächer Chemie und Water Science an der Universität Duisburg-Essen (UDE, n = 104) und der Fächer Chemie und Biochemie an der Ruhr-Universität Bochum (RUB, n = 117) erhoben (Altersdurchschnitt 20 Jahre; 40 % weiblich, 59 %männlich, 1 % divers). Im Rahmen von Online- und Präsenzveranstaltungen wurden folgende kognitive und motivationale Merkmale erfasst: Die Abiturnote, das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie (adaptiert und verändert nach: Freyer et al., 2014) und die Rechenfähigkeit (Müller et al., 2018) zu Studienbeginn, die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), die Abbruchs- und Wechselintention (Fellberg & Hannover, 2006; Blüthmann et al., 2011) sowie das Studieninteresse (Schiefele et al., 1993). Am Ende des ersten Fachsemesters wurden alle Modulabschlussnoten der folgenden Module erfragt und als kumulierte Klausurnoten zusammengefasst: Allgemeine Chemie, Mathematik, Physik (nur UDE), Analytische (nur RUB) bzw. Physikalische Chemie (nur UDE).

Ergebnisse und Diskussion:
Es wurden innerhalb einer hierarchischen Clusteranalyse mit den sechs z-standardisierten Merkmalen unter Anwendung des Single-Linkage-Verfahrens drei Ausreißer identifiziert und von den weiteren Analysen ausgeschlossen. Mit dem Ward-Verfahren konnten Cluster erstellt und mit Hilfe des Elbow-Kriteriums und des Tests von Mojena (konservatives Kriterium, Wert > 2.5) die Clusteranzahl ermittelt werden (Norusis, 1993; Backhaus et al., 2016). Die Clusteranalyse ergab acht Studierendenprofile (Cluster) welche im Folgenden kurz inhaltlich

beschrieben und zur besseren Übersichtlichkeit in zwei Abbildungen à 4 Cluster pro Abbildung dargestellt werden (Abb.1, Abb.2):

- **Cluster 1: Leistungsschwach & interessiert (19,0 %).** Diese Gruppe weist niedrige Ausprägungen der kognitiven Leistungsparameter auf. Die Abbruchintention ist jedoch durchschnittlich und das Studieninteresse leicht über dem Durchschnitt.
- **Cluster 2: Durchschnittlich leistungsstark mit schlechter Abiturnote (21,3 %).** Trotz der schlechten Abiturnote und einer starken Abbruchintention liegen die Ausprägungen der Leistungsparameter im positiven Wertebereich. Das Studieninteresse ist ähnlich dem von Cluster 1.
- **Cluster 3: Leistungsschwach, aber gute Abiturgesamtnote (5,0 %).** Diese sehr kleine Gruppe definiert sich durch gute Abiturnoten, jedoch auch durch niedrige Ausprägungen der Leistungsparameter. Es liegt im Vergleich zu den anderen Clustern die geringste Ausprägung bei den kognitiven Fähigkeiten vor. Zusätzlich ist das Studieninteresse gering und die Abbruchintention sehr hoch.
- **Cluster 4: Leistungsschwach & uninteressiert (13,1 %).** Mit Ausnahme der kognitiven Fähigkeiten sind die Leistungsparameter in dieser Gruppe niedrig ausgeprägt. Die Abbruch- und Wechselintention ist am höchsten und das Studieninteresse am geringsten ausgeprägt im Vergleich zu den anderen Clustern.

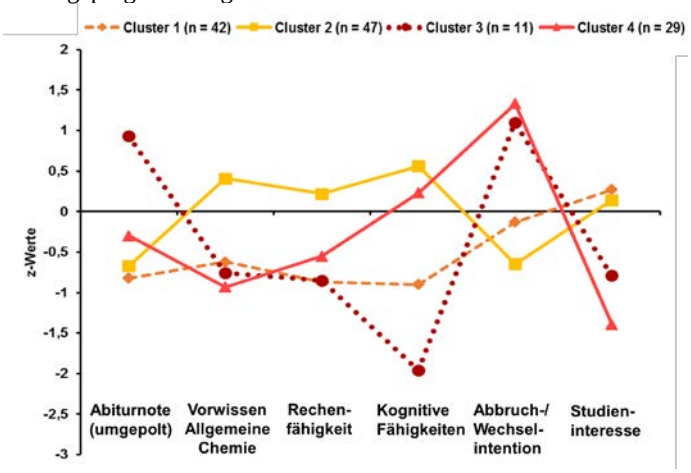


Abb. 1: Lineplot der z-standardisierten Mittelwerte für die kognitiv und motivationalen Eingangsvoraussetzungen der Cluster 1 - 4 mit durchschnittlichen und unterdurchschnittlichen Leistungen in den Klausuren am Ende des ersten Fachsemesters Chemie.

- **Cluster 5: Durchschnittlich leistungsstark mit guter Abiturnote (14,0 %).** In dieser Gruppe liegen relativ gute Abiturgesamtnoten vor. Die Leistungsparameter sind bis auf die positiv ausgeprägten kognitiven Fähigkeiten durchschnittlich ausgeprägt. Die Abbruchintention und das Studieninteresse sind im Vergleich mit anderen Clustern ebenfalls durchschnittlich.
- **Cluster 6: Leistungsstark & interessiert (11,3 %).** Hier liegen die besten Abiturnoten und die höchsten Ausprägungen der Leistungsparameter vor. Besonders hervorzuheben sind das hohe Studieninteresse und die geringste Abbruchintention aller Cluster.
- **Cluster 7: Leistungsstark mit Abbruchsintention (3,6 %).** Auch diese Gruppe zeichnet sich durch hohe Ausprägungen der Leistungsparameter, aber durch eine sehr starke Abbruchintention, sowie einem geringen Studieninteresse aus. Die Abitur-gesamtnoten liegen im durchschnittlichen Bereich.

- **Cluster 8: Rechenfähig & interessiert (12,7 %).** In der letzten Gruppe liegt ebenfalls eine relativ gute Abiturgesamtnote vor, außerdem aber eine hohe Rechenfähigkeit und ein relativ hohes Studieninteresse. Die verbleibenden kognitiven Leistungsparameter und die Abbruchintention sind jedoch eher durchschnittlich ausgeprägt.

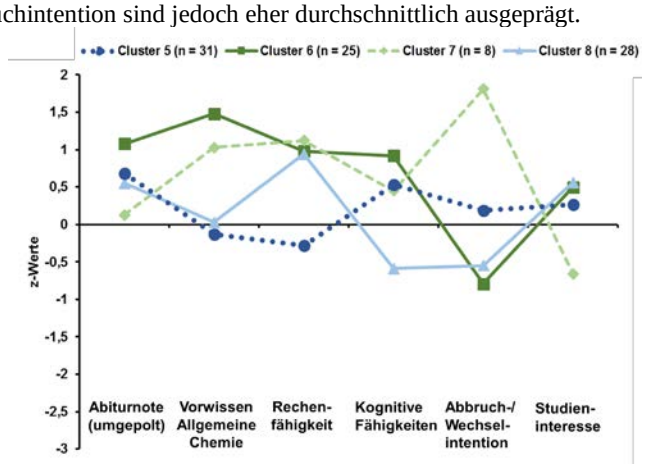


Abb. 2: Lineplot der z-standardisierten Mittelwerte für die kognitiv und motivationalen Eingangsvoraussetzungen der Cluster 5 - 8 mit überdurchschnittlichen Leistungen in den Klausuren am Ende des ersten Fachsemesters Chemie.

Die Verwendung des Ward-Verfahrens konnte mittels des Kontingenzkoeffizienten, durch einen Vergleich des Ward-Verfahrens mit dem alternativen k-Means-Verfahren, validiert werden ($K^* = .824$, $p < .001$). Cluster sechs wurde als das Cluster der leistungsstärksten Studierenden identifiziert. Am Ende des Fachsemesters haben 24 von 25 Studierenden des Clusters die Klausuren mit Erfolg absolviert. Ein Großteil der Studierenden (72 %) hatte in der Schule einen Chemieleistungskurs belegt. Zudem sind männliche Studierende im Cluster sechs mit 80 % überrepräsentiert, was mit Teilen der Ergebnisse von Averbeck et al. (2017) übereinstimmt. Auch in Cluster sieben sind leistungsstarke Studierende. Trotzdem liegt in Cluster sieben die höchste Abbruch- und Wechselintention vor. Am Ende des Fachsemesters nahm nur noch die Hälfte dieser Studierenden an den Modulabschlussklausuren teil.
Die leistungsschwächeren Studierenden wurden in den Clustern eins, zwei, drei und vier verortet. In allen leistungsschwächeren Clustern hat nur ein geringer Anteil der Studierenden einen Chemieleistungskurs in der Schule belegt. Von Cluster drei hat sogar nur einer der anfangs elf Studierenden die Modulabschlussklausuren absolviert und dass mit nur wenig Erfolg. Eine univariate Varianzanalyse mit Bonferroni-Korrektur ergab für die kumulierten Klausurnoten (AV) signifikante Unterschiede zwischen den fünf Clustern 1, 2, 4, 5 & 8 und dem Cluster 6 ($F(6,88) = 9.12$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .38$). Tatsächlich unterscheiden sich die kumulierten Klausurnoten der als leistungsschwächer und durchschnittlich identifizierten Studierendenprofile, signifikant von denen der als leistungsstark identifizierten Studierenden. Die acht Studierendenprofile lassen sich in die Gruppe der erfolgreichen (6 & 7), der durchschnittlichen (5 & 8) und der weniger erfolgreich Studierenden (1, 2, 3 & 4) einteilen. Außerdem zeigen Cluster drei und sieben, dass eine gute Abiturnote bzw. hohe Ausprägungen bei den Leistungsparametern nicht unbedingt allein dafür ausschlaggebend sind, ob ein Erstsemesterstudierender im Fach Chemie erfolgreich ist und im Studienfach verbleibt. Weitere vertiefende Untersuchungen, wie eine Längsschnittuntersuchung über die ersten sechs Fachsemester, für die Gruppen der erfolgreich und der weniger erfolgreich Studierenden, können anschließend dabei helfen in Zukunft „Risikostudierende“ frühzeitig zu erkennen und so ggf. gezielt zu unterstützen.

Literatur

Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner & D., Brand, M. (2017). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf den Studienerfolg. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 83). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2016). Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin, Heidelberg: Springer.

Blüthmann, I., Lepa,S., & Thiel, F. (2008). Studienabbruch und –wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 11(3), 406-429.

Blüthmann, I., Thiel, F. & Wolfgram, C. (2011). Abbruchtendenzen in den Bachelorstudiengängen. Individuelle Schwierigkeiten oder mangelhafte Studienbedingungen? Die Hochschule, 20,110–116.

Busker, M., Wickleder, M. & Parchmann, I. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie: Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende? Chemie konkret 17, 4, 163–168.

Fellenberg, F. & Hannover, B. (2006). Kaum begonnen, schon zerronnen? Psychologische Ursachenfaktoren für die Neigung von Studienanfängern, das Studium abzubrechen oder das Fach zu wechseln. Empirische Pädagogik, 20, 381–399.

Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie. ZfDN, 20,1 29-142.

Heller, K.A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen. Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Beltz.

Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. DZHW-Projektbericht.

Müller, J. et al. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24, 183–199.

Norusis, M. J. (1993). SPSS for Windows professional statistics release 6.0. Chicago: SPSS.

Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P. & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). In: Diagnostika, 39 (4), 335-351.

Trapmann, S, Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H., (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs–eine Metaanalyse. ZFPP, 21 (1), 11-27.

Daniel Rehfeldt
Philipp Straube
Hilde Köster

Freie Universität Berlin

Längsschnittstudie im Grundschulpädagogik-Sachunterrichtsstudium: Selbstkonzepte & Überzeugungen (1-Jahres-Daten)

Ausgangslage und Forschungsfragen

Der Bedarf an Lehrer*innen ist bundesweit immer noch ungebrochen hoch und ungleich verteilt. Während in den westdeutschen Bundesländern teilweise ein Überangebot an Lehrkräften vorherrscht, ist insbesondere in den ostdeutschen Bundesländern (inkl. Berlin) eine Unterdeckung des jährlichen Bedarfs vorhanden (KMK, 2018, S. 5). Diese Entwicklung ist besonders in den berufsbildenden und in den primar- stufenbezogenen Lehrämtern stark ausgeprägt (vgl. ebd., S. 5f).

Im Zuge dieser Entwicklung wurden die Studierendenzahlen für den Bachelorstudiengang Grundschulpädagogik an der Freien Universität Berlin in den letzten Jahren stark erhöht. Während in den Jahren 2011-2014 jeweils etwa 100 neue Studierende in dieses Lehramt immatrikuliert wurden, stieg die Zahl seit dem Wintersemester 2014/15 kontinuierlich an. Zuletzt wurden 2018 zum Wintersemester 451 Studierende immatrikuliert (Freie Universität Berlin, 2019).

Es ist vor diesem Hintergrund zu vermuten, dass die Heterogenität der zugehörigen Studierendenschaft und damit die Unsicherheit bisheriger Populationsbefunde steigt. Im Projekt LäSSiG (*Lä*ngsschnittstudie zu *S*elbstwirksamkeitserwartungen, wissenschaftlichem Denken & *S*elbstkonzepten *i*m *G*rundschulpädagogik-Sachunterrichtsstudium) soll deshalb eine das gesamte Studium umfassende Längsschnitterhebung realisiert werden, die Aufschluss über Typen und Entwicklungen der Lehramtsstudierenden geben kann.

Dies führt zu folgenden, übergreifenden Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1: Durch welche Charakteristika zeichnet sich die aktuelle Studierendenpopulation im Grundschullehramt aus?

Forschungsfrage 2: Wie entwickeln sich die Charakteristika der aktuellen Studierendenpopulation im Grundschullehramt durch das gesamte Studium (6-Jahres-Längsschnitt)?

Bisherige Befunde: Charakteristika von Studierenden im Grundschullehramt

Bisherige Studien zur Beschreibung der Studierendenpopulation in der Grundschulpädagogik zeigen für Studienanfänger*innen hoch ausgeprägte *intrinsisch-pädagogisch orientierte Studienwahlmotive* (Boeger, 2016, S. 76; König, Rothland, Darge, Lünnemann & Tachtsoglou, 2013, S. 568; Trojer, 2018, S. 122). Ein weiteres wichtiges Studienwahlmotiv stellt zudem die *berufliche Sicherheit* und die *Vereinbarkeit von Beruf und Familie* dar (König et al., 2013, S. 568). Das *Interesse an den Fächern* des Studiengangs fiel hierbei mäßig bis gering aus (Foerster, 2008, S. 219), bezogen auf naturwissenschaftliche Studieninhalte ist ein geringes *Fähigkeitsselbstkonzept* (Avraamidou, 2013) und geringere Leistungen im *wissenschaftlichen Denken* als bei Physik-Lehramtsstudierenden (Straube, 2016) festzustellen, Forderungen nach einer stärkeren Förderung des *Fähigkeitsselbstkonzepts zur Technik* sind ebenso vorhanden (Köster, von Balluseck & Kraner, 2008). Durch Studien zu Grundschullehrkräften ist zudem zu vermuten, dass auch Grundschul-Lehramtsstudierende teilweise rezeptartiges, *transmissives Lernen* gegenüber *konstruktivistisch* orientierten Ansätzen bevorzugen (Plog, Strahl & Müller, 2013). Offen bleibt dabei aber bisher die

Frage nach der Bevorzugung *offener* oder *geschlossener Unterrichtssettings* (Hess & Lipowsky, 2017).
Ein großes Desiderat stellen auch bei den bisherigen Befunden längsschnittliche Studien zur Entwicklung des *technischen Fähigkeitsselbstkonzeptes* und weiterer Merkmale bei Studierenden der Grundschulpädagogik im deutschsprachigen Raum dar.
Die Studienwahlmotive und die Querschnittsausprägung von Überzeugungen zum Lehren und Lernen konnten bereits ausgewertet und interpretiert werden (Straube, Rehfeldt & Köster, 2019). Im Rahmen dieses Beitrags wird die Entwicklung dieser Überzeugungen innerhalb des ersten Studienjahres dargestellt. Einen speziellen Fokus wird zudem das Fähigkeitsselbstkonzept Technik darstellen, da dieses im Rahmen eines sachunterrichtlichen Zweitsemesterseminars gefördert werden soll.

Forschungsdesign und Erhebungsmethode
Die Konstrukte des Forschungsdesigns (vgl. Abb. 1) werden mittels Selbsteinschätzungsskalen quantitativ bei den Studierenden der Grundschulpädagogik-Anfängerkohorten 2018 und 2019 erhoben.
Im Rahmen dieses Studienauszugs wird die Entwicklung der *transmissiven Lernsicht* vom Beginn des ersten Semesters (Überzeugungen zum LuL: t0) bis hin zum Beginn des zweiten Semesters (t1.1) verfolgt. Zudem kann in demselben Konstruktbereich die Entwicklung der *Präferenz offener* vs. *geschlossener Unterrichtssettings* verfolgt werden (t0 bis t1.2). Zudem wurde die angesprochene Entwicklung des *technischen Selbstkonzepts* genauer betrachtet (t0 bis t1 tech). Die Daten zum wissenschaftlichen Denken befinden sich derzeit in der Auswertungsphase.

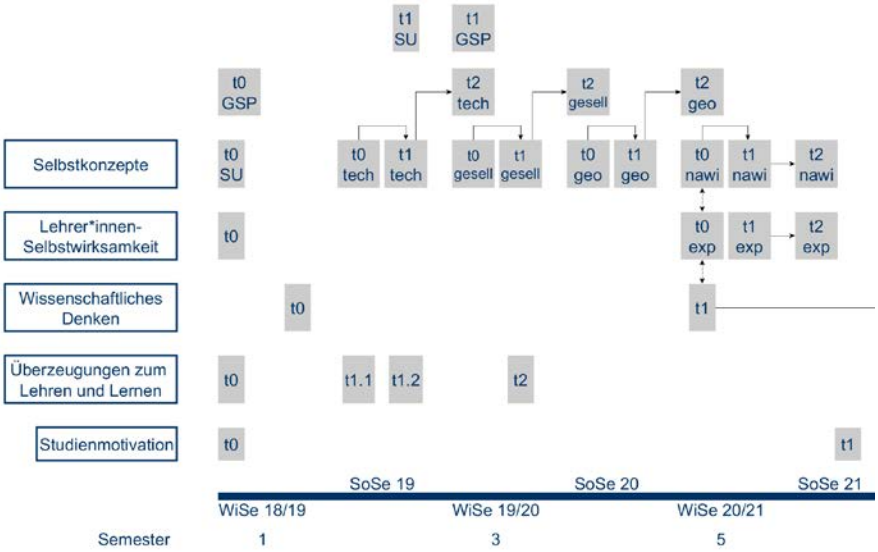


Abb. 1: Forschungsdesign der ersten sechs Semester des LäSSiG-Projekts.

Ergebnisse und Interpretation
Zur besseren Interpretierbarkeit der Befunde sei zunächst auf die minimal auflösbare Effektstärke dieser Studie verwiesen. Bei $N > 88$ können kleine Effekte ab $d = 0.26$ statistisch aufgelöst werden (Faul, Erdfelder, Buchner & Lang, 2009). Ein nichtsignifikantes Ergebnis bedeutet also, dass positive wie negative kleine Effekte im Bereich [-0.26, 0.26] trotzdem vorliegen könnten.

Die *transmissive Lernsicht* entwickelt sich im Verlauf des ersten Studiensemesters zunächst nicht signifikant (vgl. Abb. 2, *M1* = 5.23, *SE1* = 0.05; *M2* = 5.25, *SE2* = 0.05, *p* = .68). Weitere längsschnittliche Erhebungen können aufzeigen, ob eine messbare Entwicklung hin zu einer deutlicher *konstruktivistischen Lernsicht* über größere Zeiträume gelingt. Der Quasi-Längsschnitt zwischen der Erst- und Viert-/Fünftsemesterkohorte des Wintersemesters 2018 konnte dazu bereits aufzeigen, dass eine messbare Reduktion der *transmissiven Lernsicht* möglich ist (Straube et al., 2019).
Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die Studierenden nach einem Jahr Studium *geschlossene Unterrichtsarrangements* etwas mehr bevorzugen als vorher (vgl. Abb. 2, *M1* = 4.11, *SE1* = 0.08; *M2* = 4.44, *SE2* = 0.07, *d* = .43***). Da gleichzeitig aber die *präferierte Lernsteuerung* hin zu *offeneren Unterrichtsformen* im Rahmen der Ergebnisse als konstant anzunehmen ist (vgl. Abb. 2, *M1* = 5.23, *SE1* = 0.05, *M2* = 5.25, *SE2* = 0.05, *p* = .74), scheint dies insgesamt nur eine leichte Tendenz zu sein, die es sich allerdings lohnt, im Verlauf des weiteren Studiums zu betrachten (nächster Messzeitpunkt liegt im dritten Semester, vgl. Ausblick).
Das durch das Seminar im zweiten Semester adressierte *Fähigkeitsselbstkonzept zur Technik* entwickelt sich innerhalb des zweiten Semesters nicht messbar (vgl. Abb. 2, *M1* = 3.62, *SE1* = 0.11; *M2* = 3.57, *SE2* = 0.11, *p* = .59). Ein einzelnes Seminar konnte demnach bisher nicht zur gewünschten Steigerung des *Fähigkeitsselbstkonzepts zur Technik* beitragen, hier lohnt sich ein späterer Blick auf die Follow-Up-Erhebung (t2 tech) bzw. auf größere Entwicklungsspannen, in denen Persönlichkeitsmerkmale wie das *Selbstkonzept* eher entwickelt werden können (Bergner & Holmes, 2000).

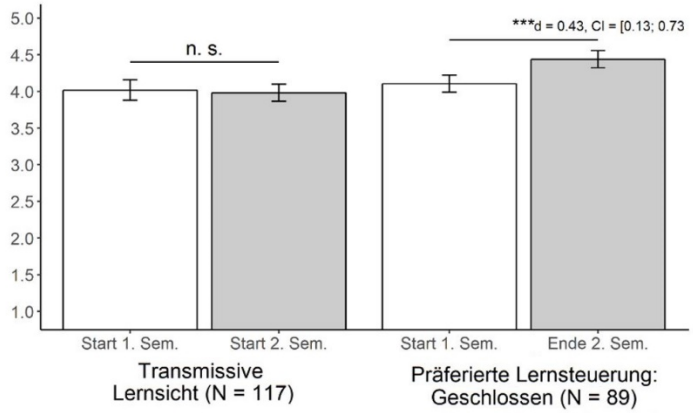


Abb. 2: Zwei Ergebnisse des 1-Jahres-Längsschnitts. Fehlerbalken stellen 95%-Konfidenzintervalle dar. Die Mittelwertsunterschiede wurden mittels Bonferroni-Holm adjustierter t-Tests für abhängige Stichproben geprüft. Einzig für die präferierte Lernsteuerung bzgl. geschlossener Lernsettings ergab sich ein signifikanter, moderater Zuwachs.

Ausblick

Mithilfe der Daten zum *wissenschaftlichen Denken* und zu weiteren Konstrukten (s.o.) der Anfängerkohorte 2019 kann zukünftig eine Analyse typischer aktueller Studierendenprofile ermittelt werden, wie sie beispielweise bei Trojer (2018) vorgenommen wurde.
Im Rahmen der Follow-Up-Erhebung des *Fähigkeitsselbstkonzepts zur Technik* kann zudem auf Langzeitwirkungen des Zweitsemesterseminars mit Schwerpunkt auf der technischen Perspektive geschlussfolgert werden.

Literatur

Avraamidou, L. (2013). Prospective Elementary Teachers' Science Teaching Orientations and Experiences that Impacted their Development. *International Journal of Science Education*, *35*(10), 1698–1724.

Bergner, R. M. & Holmes, J. R. (2000). Self-concepts and self-concept change: A status dynamic approach. *Psychotherapy: Theory, Research, Practice, Training*, *37*(1), 36–44.

Boeger, A. (Hrsg.). (2016). *Eignung für den Lehrerberuf: Auswahl und Förderung*. Wiesbaden: Springer VS.

Freie Universität Berlin. (2019). Studierende nach Studienfach, Abschlussziel und Fachsemester. Zugriff am 29.8.2019. Verfügbar unter: https://www.fu-berlin.de/studium/studienorganisation/immatrikulation/weitere-angebote/statistik/daten/WiSe1819_Stg_Abschl_Sem_Stand_Dez_2018.pdf

KMK. (2018). Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2018-2030. Zusammengefasste Modellrechnungen der Länder. Zugriff am 29.8.2019. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_216_Bericht_LEB_LEA_2018.pdf

König, J., Rothland, M., Darge, K., Lünnemann, M. & Tachtsoglou, S. (2013). Erfassung und Struktur berufswahlrelevanter Faktoren für die Lehrerausbildung und den Lehrerberuf in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *16*(3), 553–577.

Köster, H., von Balluseck, H. & Kraner, R. (2008). Technische Bildung im Elementar- und Primarbereich. In R. Buhr & E.A. Hartmann (Hrsg.), *Technische Bildung für Alle: Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik*. Berlin: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Straube, P. (2016). *Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik*. Berlin: Logos.

Straube, P., Rehfeldt, D. & Köster, H. (2019). Wer studiert wie und warum Grundschullehramt und Sachunterricht? *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Trojer, P. (2018). *Wer wird Lehrer/Lehrerin? Konzepte der Berufswahl und Befunde zur Entwicklung des Berufswunsches Lehrer/in und ihre Bedeutung für das Studium* (Klinkhardt Forschung). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Christoph Münster Justus-Liebig-Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter

Theoriebezüge in Diagnoseprozessen von Physiklehramtsstudierenden

Diagnostik in der Lehrerbildung

Zu den wesentlichen Voraussetzungen für eine adaptive Unterrichtsgestaltung zählen u. a. diagnostische Kenntnisse, Fähigkeiten und Bereitschaften (u. a. v. Aufschnaiter et al., 2015). Diagnostik umfasst die Analyse von Lösungen und Bearbeitungsprozessen von Schüler*innen (S*S) und/oder von Aufgaben (Rogalla & Vogt, 2008), um Aussagen über Kompetenzen, Kompetenzveränderungen und Kompetenzentwicklungen der S*S bzw. der Kompetenzanforderungen von Aufgaben zu treffen und die Passung einschätzen zu können (u. a. v. Aufschnaiter et al., 2015; Krauss et al., 2008; Weinert, 2000).

Im Diagnoseprozess werden typischerweise mehrere Schritte durchlaufen, die sich, angelehnt an den naturwissenschaftlichen Forschungsprozess, in fünf charakteristische Komponenten aufteilen lassen (siehe Abb. 1): Lehrkräfte sichten *Daten* und beschreiben förderrelevante *Beobachtungen*. Diese Beobachtungen werden *gedeutet* und mögliche *Ursachen* beschrieben. Hieraus werden *Konsequenzen* für eine Förderung abgeleitet, die beschreiben, was S*S (besser) verstehen bzw. können müssen und wie sich dieses Ziel erreichen lässt (v. Aufschnaiter, Münster & Beretz, 2018). Der Diagnoseprozess muss nicht zwingend entlang einer spezifischen Reihenfolge der Komponenten verbalisiert werden. Es kann z. B. zuerst eine Ursache genannt und diese danach mit einer Beobachtung belegt werden. Das Umsetzen von Fördermaßnahmen ist nicht Teil des Diagnoseprozesses, die Fördermaßnahmen können jedoch als End-, Zwischen- oder Ausgangspunkt einer (weiteren) Diagnostik dienen.

Konzepte des *Formativen Assessments* oder *Noticing* beschreiben ähnliche Komponenten, wie sie in unserer Arbeit modelliert werden: *Elicit*, *Interpret* und *Respond* im Formativen Assessment (z. B. Kang & Anderson, 2015) sowie *Identify*, *Reason* und das dazu erforderliche *Making Connections/Using Knowledge* im Noticing (u. a. van Es & Sherin, 2002). Diese Komponenten können im von uns modellierten Diagnoseprozess verortet werden (siehe Abb. 1). Im Kontrast zum Diagnoseprozess löst das Formative Assessment den Prozess der Diagnostik weniger differenziert auf, die Fördermaßnahme muss zudem nicht zwingend von einer Lehrkraft gestaltet werden. Noticing wiederum richtet sich nicht zwingend auf Lernende oder Aufgaben, es kann auch z. B. auf das Lehrerverhalten orientiert sein.

Ähnlich wie *Making Connections/Using Knowledge* als Orientierung für die Unterrichtsanalyse im Noticing dienen, können auch Theorien und empirische Befunde als Orientierungsrahmen für Diagnostik genutzt werden (siehe Abb. 1). So helfen Bezüge auf Empirie und Theorie u. a., Schülerverständnis differenzierter zu erfassen und Lernfortschritte wahrzunehmen. Insbesondere Learning Progressions (LP) – Niveaumodelle, welche den inhaltlichen Fortschritt im Verständnis bestimmter Sachverhalte beschreiben, während S*S lernen (NRC, 2007) – eignen sich als ein Orientierungsrahmen, um Schülerverständnis fachlich zu analysieren. LP ermöglichen eine differenziertere Erfassung des Verständnisses, anstatt dieses dichotom in (fachlich) falsch oder richtig einzuordnen. Lernfortschritte lassen sich so auch dann wahrnehmen, wenn noch kein vollständig fachlich angemessenes Verständnis vorhanden ist (u. a. v. Aufschnaiter & Alonzo, 2018). Im Diagnoseprozess kann eine LP u. a. Kriterien zum Einordnen von Deutungen liefern.

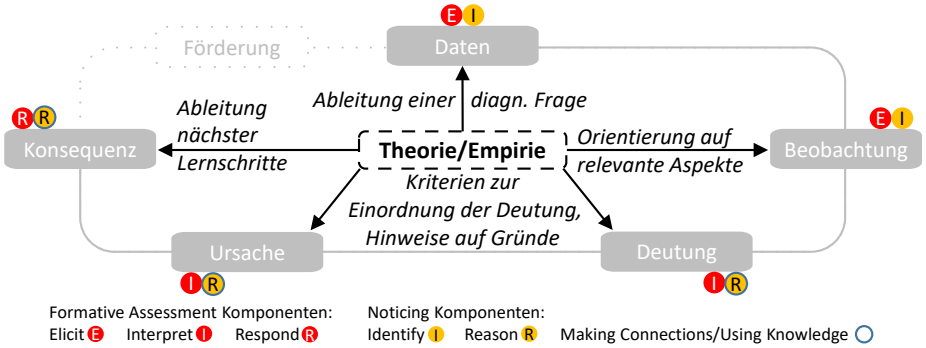


Abb. 1: Komponenten eines Diagnoseprozesses und Erträge aus Theoriebezügen sowie Verortung der Komponenten des Formativen Assessment und Noticing (in Anlehnung an v. Aufschnaiter, Münster & Beretz, 2018)

Diagnostische Kompetenz kann in allen Phasen der Lehrerbildung adressiert werden. Beispielsweise können Studierende angeregt werden, Theorie- und Empiriebezüge zu nutzen, um Schülerverständnis differenziert zu diagnostizieren. Auch eine explizite Auseinandersetzung mit den Komponenten des Diagnoseprozesses kann stattfinden. Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass besonders bei Lehranfängern Diagnosen noch wenig ausgebaut sind. Sie bleiben oft auf der Ebene der Beobachtungen stehen und haben Schwierigkeiten, das Schülerverständnis genauer zu durchdringen. Schülerverständnis wird von ihnen eher dichotomisiert, selbst dann, wenn sie Theorie- oder Empiriebezüge nutzen (u. a. Alonzo & Elby, 2019; Gotwals & Birmingham, 2016).

Forschungsfragen

Da aktuell weitgehend unklar ist, unter welchen Bedingungen Studierenden differenzierte Diagnosen, auch unter Einbezug von Theorie und Empirie (besonders LP), gelingen, wird im Projekt untersucht, was den Diagnoseprozess von Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik charakterisiert und wie die Studierenden in einem auf Diagnostik ausgerichteten Seminar LP als Orientierungsrahmen nutzen. Zentrale Fragenkomplexe (FK) sind:

- FK1: Welche Komponenten treten im Diagnoseprozess (unter welchen Bedingungen) auf?
- FK2: Welche Theorie-/Empiriebezüge können im Diagnoseprozess der Studierenden identifiziert werden?
- FK3: Wie (und unter welchen Bedingungen) nutzen Studierende LP im Diagnoseprozess?

Setting, Daten und Auswertung

Für die Haupterhebung wurden im WS 18/19 paarweise $N = 18$ Studierende jeweils ca. 12 Stunden bei der Bearbeitung von diagnostischen Aufgaben und der inhaltlichen Auseinandersetzung mit einer LP zu Kraft und Bewegung (Alonzo & v. Aufschnaiter, 2018) im Rahmen einer Lehrveranstaltung videografiert. Dabei arbeiteten die Studierenden mit Schülervignetten (Videos und Transkripte). Die hierbei entstandenen Arbeitsprodukte der Studierenden dienen ebenfalls als Datenquellen, die im Projekt ausgewertet werden sollen. Aufgezeichnet wurden 3 Sitzungen zu Anfang der Lehrveranstaltung, in denen die Studierenden eine Einführung in die Komponenten und die LP bekamen (fachliches Thema: Translation) sowie 5 Sitzungen am Ende, in denen die Studierenden die LP erneut zu einem anderen fachlichen Thema (Rotation) nutzen konnten.

Kategoriensystem zur Untersuchung des Diagnoseprozesses
Für die Untersuchung des Diagnoseprozesses der Studierenden wurde ein Kategoriensystem entwickelt (siehe Abb. 2), das insbesondere die Komponenten erfasst (H2) und dokumentiert, ob S*S, Aufgaben oder andere Aspekte in den Fokus genommen werden (H3). Darüber hinaus wird untersucht, ob die Studierenden ihre Analyse auf fachinhaltliche oder andere Kompetenzaspekte richten (H4) und ob sie Theorie/Empirie thematisieren (H5). Am Video werden die Hauptkategorien ausschließlich für verbale Äußerungen eventbasiert (je Person) kodiert. In einem zweiten Durchlauf werden zusätzlich Nebenkategorien (N1-4) vergeben, welche eine potentielle Qualität des Prozesses erfassen sollen. Hierbei wird z. B. untersucht, wie *differenziert* die Analyse ist (Nebenkategorie 2). Ähnlich wird bei der Kodierung der schriftlichen Arbeitsprodukte vorgegangen.

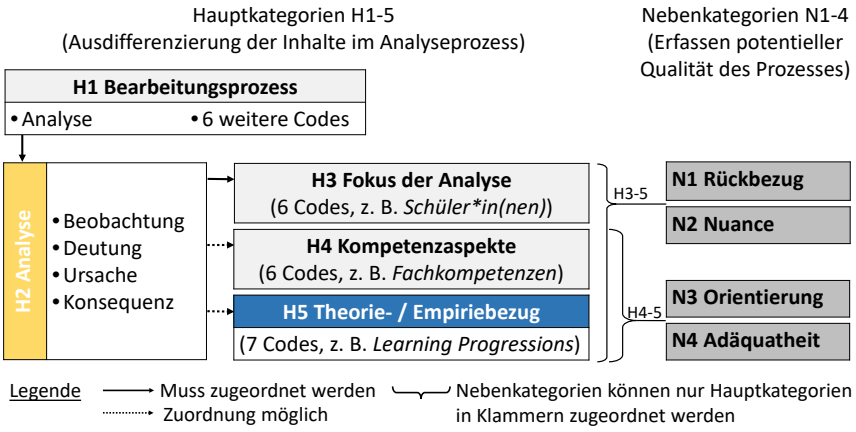


Abb. 2: Kategoriensystem zur Untersuchung des Diagnoseprozesses

Erste Ergebnisse
Bisher wurde die zuletzt aufgezeichnete Sitzung (Rotation) mit $N = 11$ Studierenden analysiert (ca. 45 Minuten Video pro Paar und 7 Seiten schriftliche Arbeitsprodukte pro Person). Erste Ergebnisse zeigen, dass vor allem Beobachtungen und Deutungen identifizierbar sind. Ursachen und Konsequenzen werden eher selten genannt; so gehen bspw. $N = 5$ Studierende gar nicht auf mögliche Ursachen ein. $N = 6$ Studierende stellen während der Videoaufzeichnungen (bzw. $N = 7$ Studierende in schriftlichen Arbeitsprodukten) Bezüge auf Theorie/Empirie her, dies passiert allerdings eher sporadisch und beinhaltet oft nur eine Nennung pro Person im gesamten Datenmaterial. Besonders auffällig ist dabei, dass im Video nur eine Person LP nutzt (bzw. $N = 2$ Studierende in schriftlichen Arbeitsprodukten).

Ausblick
Ausgehend von den ersten Analysen einer Sitzung, welche erste Hinweise zu allen Forschungsfragen liefert, ist von besonderem Interesse, was die Studierenden u. a. (fach)inhaltlich thematisieren und ggf. auf was sie sich beziehen, wenn sie sich nicht auf Theorie/Empirie bzw. LP beziehen. Hierfür sollen Äußerungen zuerst paraphrasiert werden (vgl. Mayring, 2015, S. 70), um ihren Inhalt leichter erfassen und die induktive Bildung analytischer Kategorien vorbereiten zu können. Auf diese Weise soll verstärkt in den Blick genommen werden, wie die Studierenden ihren Diagnoseprozess inhaltlich füllen und wo die inhaltlichen Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede zwischen den Studierenden liegen. Zusätzlich wurden auf Basis der ersten Analyse 4 Paare (N=8 Studierende) ausgewählt, die im Längsschnitt über mehrere ausgewählte Sitzungen (Einführung und Nutzung der LP) verfolgt werden sollen.

Literatur

Alonzo, A. C. & Aufschnaiter, C. v. (2018). Moving beyond misconceptions: Learning progressions as a lens for seeing progress in student thinking. *The Physics Teacher*, *56*(October), 470-473.

Alonzo, A. C. & Elby, A. (2019). Beyond empirical adequacy: Learning progressions as models and their value for teachers. *Cognition and Instruction*, *2*(1), 1–37.

Aufschnaiter, C. v. & Alonzo, A. C. (2018). Foundations of formative assessment: Introducing a learning progression to guide preservice physics teachers' video-based interpretation of student thinking. *Applied Measurement in Education*, *31*(2), 113–127.

Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., … Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(5), 738–757.

Aufschnaiter, C. v., Münster, C. & Beretz, A.-K. (2018). Zielgerichtet und differenziert diagnostizieren. *MNU-Journal*, *71*(6), 382–387.

Gotwals, A. W. & Birmingham, D. (2016). Eliciting, identifying, interpreting, and responding to students' ideas: Teacher candidates' growth in formative assessment practices. *Research in Science Education*, *46*(3), 365–388.

Kang, H. & Anderson, C. W. (2015). Supporting preservice science teachers' ability to attend and respond to student thinking by design. *Science Education, 99*(5), 863–895.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik, 29*(3), 233-258.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). *Beltz Pädagogik*. Weinheim: Beltz.

National Research Council (NRC) (2007). *Taking Science to School*. Washington, D.C.: National Academies Press.

Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. *Unterrichtswissenschaft*, *36*(1), 17-36).

van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, *10*(4), 571–596.

Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz, 2*, 1-16.

Rebecca Duscha Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Wie hast du das gemeint? – Diagnostizieren lernen im Schülerlabor

Ausgangslage und Hintergrund

Diagnostische Fähigkeiten sind eine wichtige Grundlage für das didaktische Handeln einer Lehrkraft (Helmke, 2012). Es gibt einen festgestellten Bedarf, Studierende in der Entwicklung ihrer diagnostischen Fähigkeiten zu unterstützen (Praetorius & Südkamp, 2017). Nach Brunner et al. (2011) sind diagnostische Fähigkeiten Teil der professionellen Kompetenz und bereichsübergreifend der fachdidaktischen und pädagogischen Kompetenz zuzuordnen. Es wird davon ausgegangen, dass diese durch entsprechende Lerngelegenheiten gefördert werden können.

Unter diagnostischen Fähigkeiten werden die Kenntnisse, Fähigkeiten und Bereitschaft zur (fachbezogenen) Diagnostik verstanden. Die Diagnostik ist die Analyse von Bearbeitungsprozessen oder Produkten, um Informationen über Kompetenzen sowie Kompetenzveränderungen von Lernenden zu gewinnen. Des Weiteren ist Diagnostik die Analyse der Kompetenzanforderungen von Aufgaben, mit dem Ziel, Informationen über die Passung der Aufgaben zu den einzelnen Lernenden zu generieren (vgl. Ingenkamp & Lissmann, 2008; Krauss et al., 2008; v. Aufschnaiter et al., 2015).

Die Diagnostik zielt auf Förderung ab (vgl. Rogalla & Voigt, 2008; Maier, 2010) und kann als Prozess verstanden werden. Die Abfolge der einzelnen Schritte muss jedoch nicht zwangsläufig linear erfolgen. Nach dem Diagnoseprozess nach v. Aufschnaiter et al. (2018) ist die konkrete Planung und Konzeption der Fördermaßnahme nicht mehr Teil der Diagnostik.

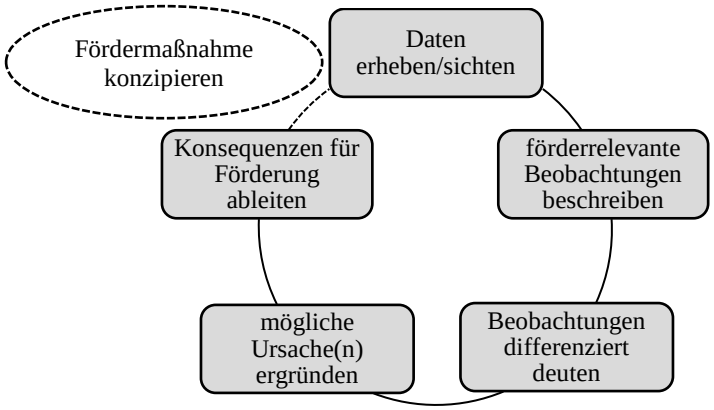


Abb. 1: Prozess des Diagnostizierens und seine Verbindung zur Förderung (v. Aufschnaiter et al., 2018)

Betrachtet man den Prozess genauer, dann werden im ersten Schritt Daten erhoben oder gesichtet, mit der Fragestellung, was überhaupt analysiert werden soll. Daraufhin folgt die die Beschreibung förderrelevanter Beobachtungen. Die Beschreibungen sollen wertungsfrei erfolgen, wobei der Fokus durch die Förderabsicht geleitet werden soll. Im Anschluss daran folgt die Interpretation der Beobachtungen, z.B. mit der Leitfrage, „was wie“ verstanden wird. In dem Schritt *mögliche Ursachen ergründen* werden mögliche Erklärungen für die Beobachtungen und Deutungen gesucht. Im letzten Schritt des diagnostischen Prozesses

werden Konsequenzen für eine Förderung abgeleitet, welche das Ziel und die Struktur der Förderung umreißen sollen (v. Aufschnaiter et al., 2018).

Neben dem Bedarf, Studierende in ihren diagnostischen Fähigkeiten zu unterstützen, wird auch eine mangelnde Theorie-Praxis-Verknüpfung in Lehramtsstudiengängen festgestellt (Racherbäumer & Liegmann, 2012). Nach Harscher (2006) besitzen insbesondere praktische Anteile eine Schlüsselfunktion in der Entwicklung professioneller Kompetenz im Kontext der universitären Lehramtsausbildung. Gerade Lehr-Lern-Labore, die in die fachdidaktische Ausbildung von angehenden Lehrkräften integriert werden, sind geeignet, um die Theorie-Praxis-Verknüpfung im Lehramtsstudium zu fördern. (Zucker & Leuchter, 2018).
Hier kann eine komplexitätsreduzierte Lernumgebung durch Microteaching-Zyklen (Klinzing, 2002) zu einer Reduktion der kognitiven Belastung Studierender (vgl. Kunter, 2011) beitragen. Dabei ist es wichtig, Studierenden nicht nur eine Verknüpfung von der Theorie hin zur Praxis zu ermöglichen, sondern auch die Praxis wiederum vor dem Hintergrund der Theorie zu reflektieren (Herzog & von Felten, 2001).

Konzept und Ziele
Im Kontext des Teilprojekts von „Professionalisierung für Vielfalt (ProViel)“, ein Projekt der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“, wird das Schülerlabor der Chemiedidaktik zum Lehr-Lern-Labor weiterentwickelt. Ziel ist es, den Erwerb diagnostischer Fähigkeiten von Chemie-Lehramtsstudierenden schon in der ersten Phase der Ausbildung zu ermöglichen.
Eine komplexitätsreduzierte Lernumgebung im Lehr-Lern-Labor sowie ein Begleitseminarkonzept werden im Rahmen des Projekts entwickelt und evaluiert. Verortet ist die Lehrveranstaltung im Berufsfeldpraktikum der Chemiedidaktik im fünften Fachsemester des Chemie-Lehramtsbachelors.
Über insgesamt vier Microteaching-Zyklen (Klinzing, 2002) erhalten die Studierenden die Gelegenheit mit zwei bis vier Schüler*innen in Kleingruppen über Diagnostik „on-the-fly“ (Shavelson, 2006), universitär begleitete Praxiserfahrungen zu sammeln und in einer geschützten Lernumgebung das eigene Handeln zu reflektieren und theoriebasiert weiterzuentwickeln. Im Fokus der Untersuchung stehen ausgewählte Aspekte zur Diagnose von Schülervorstellungen und -schwierigkeiten im Zusammenhang der beiden Themen „Quantitative Analytik“ und „Chemisches Gleichgewicht“.
Das Untersuchungsziel ist die Charakterisierung der Ausprägung und Entwicklung der diagnostischen Fähigkeiten von Chemie-Lehramtsstudierenden auf der Basis der Komponenten des Diagnoseprozesses.
Dabei lauten die übergeordneten Forschungsfragen:

> FF1: Wie lässt sich die Ausprägung der diagnostischen Fähigkeiten von Chemie-Lehramtsstudierenden charakterisieren?
>
> FF2: Ist eine Entwicklung der diagnostischen Fähigkeiten über das außerschulische Berufsfeldpraktikum zu verzeichnen?

Methoden und erste Ergebnisse der Pilotierung
Um Aussagen über die Ausprägung und Entwicklung von diagnostischen Fähigkeiten Studierender treffen zu können, werden insgesamt fünf Text-Vignetten im Prä-Post-Design im Verlauf der Lehrveranstaltung eingesetzt, die von den teilnehmenden Studierenden schriftlich bearbeitet werden. In diesen Text-Vignetten sind Studierenden-Schüler*innen-Gespräche dargestellt, in denen förderrelevante Beobachtungen zu den Themen „Quantitative Analytik“ und „Chemisches Gleichgewicht“ auftreten. Diese Gesprächsausschnitte werden von den Studierenden anhand der Komponenten des Diagnoseprozesses analysiert. Wobei der

Arbeitsauftrag lautet, dass die Studierenden an der ihnen jeweils vorliegenden Text-Vignette förderrelevante Beobachtungen identifizieren und daran die Diagnostikschritte ausführen sollen. Text-Vignetten sind Video-Vignetten dabei nicht unterlegen. Vielmehr reduzieren diese die kognitive Belastung Studierender (Syring, 2015).

Über eine qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) werden die Vignettenbearbeitungen der Studierenden analysiert und kategorisiert. Mit einer darauf aufbauenden qualitativen typenbildenden Inhaltsanalyse werden Typen herausgearbeitet, aus denen wiederum ein angepasster Förderbedarf für die Studierenden abgeleitet werden soll.
Überdies werden Studierenden-Schüler*innen-Gespräche der Diagnostik „on-the-fly“ im Lehr-Lern-Labor audiographiert. Aus den Tonaufnahmen erstellen die Studierenden eigene Transkripte zu förderrelevanten Beobachtungen in ihren Gesprächen, welche anhand von vorstrukturierten schriftlichen Reflexionsbögen, die an den Diagnoseprozess angelehnt sind, analysiert werden. Zu den Analysen erhalten die Studierenden schriftliche Rückmeldungen. Auch diese Daten werden über eine qualitative Inhaltsanalyse mithilfe eines entwickelten Kategoriensystems ausgewertet.

Des Weiteren wird aufbauend auf den ersten Analysen ein Bewertungsraster auf Grundlage des entwickelten Kategoriensystems erstellt, welches eine Einschätzung der Qualität der Vignettenbearbeitungen Studierender geben soll. Dabei sollen insbesondere die Aspekte *Vollständigkeit* (Wie vollständig werden die Diagnostikschritte durchlaufen?) und *Differenziertheit* (Wie stark ist der Diagnostikschritt ausgearbeitet?) in den einzelnen Komponenten des Diagnoseprozesses berücksichtigt werden. Ebenso werden Aspekte wie *Plausibilität* (Wie plausibel ist der Diagnostikschritt?), *Begründung* (Womit wird der Diagnostikschritt begründet?), *Wertung* (Was für eine Art von Deutung (positiv, negativ, neutral) wird gemacht?), *Kompetenzaspekt* (Welcher Kompetenzaspekt wird betrachtet?), und *Maßnahme* (Welche Maßnahmen werden für eine Konsequenz in Betracht gezogen?) in den einzelnen Komponenten berücksichtigt.

Im Wintersemester 2018/2019 wurde die entwickelte Lehrveranstaltung pilotiert. Es ergaben sich aus einer Stichprobe von N=17 Studierenden insgesamt 170 Vignettenbearbeitungen. Erste Analysen der Vignettenbearbeitungen zeigen, dass Studierende in ihren Diagnosen der Schüler*innen-Studierenden-Gesprächen die Schüler*innenaussagen fokussieren und analysieren, jedoch nicht oder nur selten die (eigenen) Studierendenaussagen. In den einzelnen Komponenten der Diagnostik überwiegt der fachliche Kompetenzaspekt. Soziale oder motivationale Aspekte werden zum Beispiel in den Analysen kaum genannt.
Die Vollständigkeit der Diagnostikschritte geht in fast allen Fällen über die Deutung hinaus. Dabei sind die Deutungen in den Vignettenbearbeitungen der Studierenden überwiegend defizitorientiert formuliert. In den einzelnen Komponenten der *Deutung*, *Ursache* und *Konsequenz* sind die Studierendenbearbeitungen in fast allen Fällen plausibel.

Literatur

Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., … Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(5), 738–757.

Aufschnaiter, C. v., Münster, C., & Beretz, A.-K. (2018). Zielgerichtet und differenziert diagnostizieren. *MNU 71*(6), 382-387.

Helmke, A. (2012*). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* Seelze: Klett-Kallmeyer.

Harscher, T. (2006). *Veränderungen im Praktikum – Veränderungen durch das Praktikum.* In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf.* Zeitschrift für Pädagogik, 51. Beiheft. Weinheim: Beltz, 130-148.

Herzog, W. & von Felten, R. (2001). Erfahrung und Reflexion. Zur Professionalisierung der Praktikumsausbildung von Lehrerinnen und Lehrern. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 19*(1), 17-28.

Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik* (6. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik, 48* (2), 194-214.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik, 29*(3), S. 233-258.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung.* Weinheim: Beltz Juventa.

Kunter, M. (2011). Theorie meets Praxis in der Lehrerbildung – Kommentar. *Erziehungswissenschaft, 22*(43), 107-112.

Maier, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolgversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13*(2), 293–308.

Praetorius, A.-K. & Südkamp, A. (2017). *Eine Einführung in das Thema der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften*. In A. Südkamp & A.-K. Praetorius (Hrsg.), Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften (S.13-18). Münster: Waxmann, 13-18.

Racherbäumer, K., & Liegmann, A. B. (2012). *Theorie-Praxis-Transfer: Anspruch und Wirklichkeit in Praxisphasen der Lehrerbildung.* In T. Hascher & G. H. Neuweg (Hrsg.), Österreichische Beiträge zur Bildungsforschung: Vol. 8. Forschung zur (Wirksamkeit der) Lehrer/innen/bildung. Wien: Lit-Verl., 123-141.

Rogalla, M., & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. *Unterrichtswissenschaft, 36*(1), 17-36.

Shavelson, R. J. (2006). *On the integration of formative assessment in teaching and learning with implications for teacher education.* Paper prepared for the Stanford Education Assessment Laboratory and the University of Hawaii Curriculum Research and Development Group.

Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 18(4), 667-685.

Zucker, V., & Leuchter, M. (2018). Lehr-Lern-Labore als Orte der fachdidaktischen MINT-Lehramtsausbildung. Förderung von Kompetenzen Lehramtsstudierender hinsichtlich des Diagnostizierens und Rückmeldens. *MNU 71*(6), 364-369.

Barbara Steffentorweihen Universität Duisburg-Essen
Heike Theyßen

Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten im Theorie-Praxis-Bezug

Hintergrund

Diagnostische Fähigkeiten sind Teil des fachdidaktischen Wissens (Park & Oliver, 2007; Shulman, 1987) von Lehrkräften und sowohl die KMK-Standards als auch das Lehrerausbildungsgesetz NRW führen Diagnostik als eine Aufgabe von Lehrkräften auf (KMK, 2004; LABG NRW, 2016).

Um diagnostische Fähigkeiten frühzeitig im Lehramtsstudium der Physik zu fördern, wurde an der Universität Duisburg-Essen ein Veranstaltungskonzept umgesetzt (siehe unten), in dem Seminaranteile eng verzahnt sind mit Praxisphasen in einem Lehr-Lern-Labor (s. Steffentorweihen & Theyßen, 2018). Dabei beschäftigen sich die Studierenden zunächst theoretisch und anhand von Textvignetten mit der Diagnostik fachinhaltlicher Lernschwierigkeiten. Im Laufe der Veranstaltung können sie sich zunehmend auf ihre eigenen Erfahrungen aus den Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor beziehen. In einer Begleitstudie wird die Entwicklung der diagnostischen Fähigkeiten im Verlaufe dieser Lehrveranstaltung qualitativ untersucht.

Diagnostische Fähigkeiten

In der Forschung werden diagnostische Fähigkeiten häufig mit Urteilsgenauigkeit gleichgesetzt (z. B. Schrader & Helmke, 1987; Spinath, 2005; Südkamp, Möller & Pohlmann, 2008). Hier jedoch werden diagnostische Fähigkeiten im Sinne Weinerts aufgefasst als „*Bündel von Fähigkeiten, um den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und die Leistungsprobleme der einzelnen Schüler sowie die Schwierigkeiten verschiedener Lernaufgaben im Unterricht fortlaufend beurteilen zu können, sodass das didaktische Handeln auf diagnostischen Einsichten aufgebaut werden kann*“ (Weinert, 2000, S. 14).

Zur Diagnostik lassen sich unterschiedliche Modelle zur Unterstützung hinzuziehen, wie beispielsweise der Diagnoseprozess mit seinen Komponenten nach Beretz, Lengnink und v. Aufschnaiter (2017) oder der ESRU-Zyklus (Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Unterschiede können dabei in der Detailliertheit oder im Schwerpunkt (z. B. verglichen zu Hößle (2014)) liegen. Die hier vorgestellten Arbeiten basieren insbesondere auf dem Diagnoseprozess nach Beretz et al. (2017), dessen (nicht linear zu lesenden) Komponenten in Abb. 1 zu sehen sind (für eine ausführliche Beschreibung s. z. B. Münster & v. Aufschnaiter, in diesem Band).

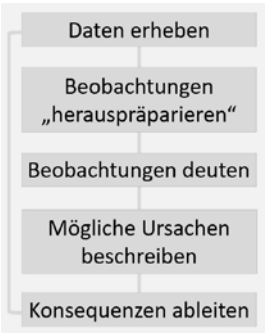


Abb. 1 Komponenten des Diagnoseprozesses

Für die Förderung und Entwicklung des Kompetenzaufbaus sind vermutlich viele sich wiederholende Lerngelegenheiten nötig (Cappell, 2013). Weitere Forschungen haben ergeben, dass Studierende bei der Durchführung des Diagnoseprozesses überwiegend deuten, jedoch nur vereinzelt Ursachen und wenig Konsequenzen nennen (Beretz, Lengnink & v. Aufschnaiter, 2017, Münster & v. Aufschnaiter, in diesem Band).

Veranstaltungskonzept

Zur Förderung der diagnostischen Fähigkeiten wurde ein Veranstaltungskonzept entwickelt, in dem sich Theorie- und Praxisphasen abwechseln (s. Abb. 2).

In den zwei Praxisphasen erproben die Studierenden Unterrichtssequenzen mit Kleingruppen im Lehr-Lern-Labor (Microteaching-Sequenzen (Klinzing, 2002; Krüger, Szogs & Korneck, 2017; Sadker & Cooper, 1972)). Diese Microteaching-Sequenzen werden im Seminar vorbereitet und anschließend reflektiert. Diese Schritte durchlaufen die Studierenden jeweils viermal zu den Themen „Stromkreise“ und „Optik“. Während der gesamten Veranstaltung führen die Studierenden mehrfach Diagnostik an Textvignetten durch. Einige dieser Vignettenbearbeitungen (I bis V in Abb. 2) dienen dabei als Datengrundlage für die Beantwortung der Forschungsfrage.

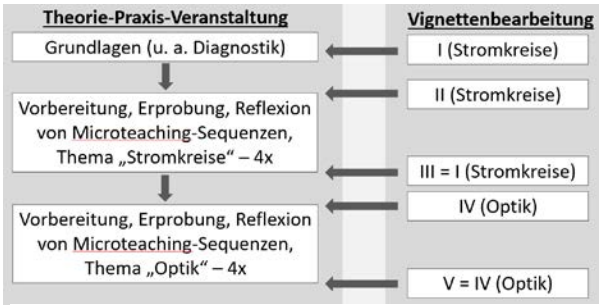


Abb. 2 Veranstaltungskonzept

Forschungsfrage

Das Forschungsanliegen besteht darin, die Entwicklung der diagnostischen Fähigkeiten der Studierenden zu untersuchen. Um die Entwicklung untersuchen zu können, muss zunächst die Ausprägung der diagnostischen Fähigkeiten zu verschiedenen Zeitpunkten charakterisiert werden. Daraus ergibt sich als übergeordnete Forschungsfrage:

Wie lässt sich die Ausprägung der diagnostischen Fähigkeiten der Studierenden charakterisieren?

Dies wird hier zunächst eingeschränkt auf die Aspekte der Vollständigkeit und Differenziertheit der Diagnostik. Im Hinblick auf die Vollständigkeit wird darauf geachtet, welche Komponenten des Diagnoseprozesses von den Studierenden ausgeführt werden und in welcher Reihenfolge dies geschieht.

Bei der Differenziertheit wird für jede Komponente der Diagnostik unterschieden zwischen einer undifferenzierten Bearbeitung (z. B. „hat das gut verstanden“) und einer differenzierten Bearbeitung (z. B. „hat verstanden, dass…“).

Studiendesign

Als Grundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen haben die Studierenden zu Beginn der Veranstaltung und jeweils vor und nach dem Praxisblock eine Textvignette bearbeitet und daran eine Diagnostik durchgeführt (I bis V in Abb. 2). Dabei wurden drei Arbeitsphasen durchlaufen (s. Abb. 3, und Steffentorweihen & Theyßen, 2018). Die Bearbeitungen wurden mit Smartpens aufgezeichnet (Ton und Schriftbild).

Smartpenaufnahme	Diagnostik an der Vignette (Lautes Denken)	Einzelarbeit
	Austausch über die Diagnostik	Partnerarbeit
	Prüfung der Vollständigkeit der Diagnostik (Erinnerungskarte)	Partnerarbeit

Abb. 3 Arbeitsphasen der Vignettenbearbeitung

Die Haupterhebung fand im Wintersemester 2017/18 statt und es nahmen N = 15 Studierende teil. Insgesamt liegen 13 vollständige Datensätze vor.

Auswertungsmethode

Die Auswertung der Daten orientiert sich an der typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Als Basis dienen Transkripte der Vignettenbearbeitungen durch die Studierenden. Hierin werden im Hinblick auf die Forschungsfragen die Komponenten des Di-

agnoseprozesses und deren Differenziertheit codiert. Dabei wird bei der Konsequenz unterschieden, *was* die Konsequenz ist (z. B. das Verstehen der Funktionsweise eines Schalters) und *wie* sie umgesetzt werden kann (z. B. durch Hinzunahme von Analogien/Modellen).
Die Aussage „*Genau, das hat Schüler 2 gut erkannt, dass es keine Verbindung gibt, wenn der Schalter offen ist.*“ wird als Deutung codiert, die differenziert ist, da genau gesagt wird, was Schüler 2 gut erkannt hat.

Erste Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Kodierung für drei exemplarische Bearbeitungen derselben Vignette dargestellt. Mit Blick auf die Vollständigkeit zeichnet sich hier und in den weiteren vorliegenden Daten ab, dass zunächst (d. h. bei der Bearbeitung der Vignette I (Stromkreise)) überwiegend Deutungen vorgenommen werden. Dies stimmt überein mit den Ergebnissen anderer Studien (z. B. Beretz et al., 2017, Münster & v. Aufschnaiter, in diesem Band). Es werden nur vereinzelt Ursachen und Konsequenzen kodiert.
Bezüglich der Differenziertheit ist festzustellen, dass viele Bearbeitungen eher undifferenziert und nur vereinzelt differenziert sind (insb. Teilnehmer 1 und 13 in Tab. 1).
Weiterhin fällt auf, dass die Anzahl der Diagnosen (insbesondere Deutungen) sehr stark variiert, was sich ebenfalls in Tabelle 1 abbildet. Dies resultiert daraus, dass die Studierenden unterschiedlich viele Beobachtungen im Transkript bearbeiten oder einzelne Beobachtungen mehrfach bearbeiten (und ggf. erst im zweiten Zugang Ursachen und Konsequenzen nennen). Bisher ist jedoch kein Zusammenhang zwischen der Anzahl einerseits und der Vollständigkeit oder Differenziertheit andererseits zu erkennen.

Teilnehmer 1			
D	U	K 1	K 2
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X			
X		X	X

Teilnehmer 5			
D	U	K 1	K 2
X			
X			
X			X
X	X	X	
X			
X		X	X
X			
X	X		
X			
X			

Teilnehmer 13			
D	U	K 1	K 2
X			
X			
X			
X			
X			

Tab.1 Exemplarische Codierungen der Vignettenbearbeitungen I
D: Deutungen, U: Ursachen, K 1: Konsequenz was, K 2: Konsequenz wie,
X: vorgenommene Deutungen und darauf bezogene Ursachen und Konsequenzen,
grau hinterlegt: differenzierte Deutungen/Ursachen/Konsequenzen

Die hier vorgestellten Ergebnisse stehen unter dem Vorbehalt, dass die Doppelcodierung der Transkripte noch nicht abgeschlossen ist. Zudem können sich aus den Partnerarbeiten (Phase 2 und 3 in Abb. 3) weitere Erkenntnisse zur Vollständigkeit und Differenziertheit ergeben, die jedoch nicht mehr einzelnen Studierenden zugeordnet werden können.

Anmerkung

Das hier vorgestellte Projekt ist im Rahmen des Projekts *Professionalisierung für Vielfalt (ProViel)* innerhalb der vom BMBF geförderten *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* verortet (FKZ 01 JA 1610).

Literatur

Beretz, A., v. Aufschnaiter, C. & Lengnink, K. (2017). Bearbeitung diagnostischer Aufgaben durch Lehramtsstudierende. In Maurer, C. (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 244-247). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Cappell, J. (2013). Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 146. Berlin: Logos.

Hößle, C. (2014). Lernprozesse im Lehr-Lern-Labor Wattenmeer diagnostizieren und fördern. In Fischer, A. et. al. (Hrsg.), Diagnostik für lernwirksamen Unterricht (S. 144-156). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. Zeitschrift für Pädagogik, 48, 194-214.

KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf [14.10.2019]

Krüger, M., Szogs, M. & Korneck, F. (2017). Welche Kompetenz beeinflusst welche Aspekte der Unterrichtsqualität? In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 376-379). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Lehrerausbildungsgesetzt – LABG. (2016). Gesetzt über die Ausbildung für Lehrämter an öffentlichen Schulen. https://bass.schul-welt.de/9767.htm [14.10.2019]

Münster, C. & v. Aufschnaiter, C. (in diesem Band). Theoriebezüge in Diagnoseprozessen von Physiklehramtsstudierenden. In Habig, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen.

Park, S. & Oliver, J. S. (2007). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. Research in Science Education, 38(3), 261-284.

Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2004). Informal formative assessment of students' understanding of scientific inquiry.CSE Report 639. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing.

Sadker, M. & Cooper, J. M. (1972). What do we know about microteaching? Educational Leadership, 29(6), 547-551

Schrader, F. W. & Helmke, A. (1987). Diagnostische Kompetenz von Lehrern: Komponenten und Wirkungen. Empirische Pädagogik, 1, 21-52.

Spinat, B. (2005). Akkuratheit der Einschätzung von Schülermerkmalen durch Lehrer und das Konstruk der diagnostischen Kompetenz. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19, 85-95.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.

Steffentorweihen, B. & Theyßen, H. (2018). Diagnostische Fähigkeiten fördern im Lehr-Lern-Labor Physik. PhyDidB-Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1.

Südkamp, A., Möller, J. & Pohlmann, B. (2008). Der simulierte Klassenraum. Eine experimentelle Untersuchung zur diagnostischen Kompetenz. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22, 261-276.

Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule. Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz, 2, 1-16.

Markus Peschel
Christopher Kay
Luisa Lauer
Johann Seibert
Matthias Marquardt
Vanessa Lang

Universität des Saarlandes

Augmented Reality (AR) als Werkzeug im naturwissenschaftlichen Unterricht

Dieser Artikel befasst sich mit der Definitionsbreite von Augmented Reality (AR) in didaktischen Situationen und einem Einblick in den Forschungsstand zum Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht. Es werden Forschungsdesiderate abgeleitet, die in den Beiträgen zu den Postern dieses Symposiums behandelt werden. Abschließend wird eine Übersicht über die inhaltliche und semantische Strukturierung der nachfolgenden Artikel gegeben.

Einleitung

Die digitale Technik AR als „Anreicherung" der Realumgebung wurde ursprünglich in den 1970er/1980er Jahren als Assistenzsystem für Flugpiloten entwickelt (Einblendung von Zusatzinformationen im Blickfeld des Piloten, um den Blick auf die Umgebung behalten zu können, vgl. z.B. Feiner, MacIntyre & Seligmann, 1992). Spätestens seit Pokémon Go hat AR Einzug in die Alltags- und mit speziellen Anwendungen in die Arbeitswelt und damit auch in die Bezugswelt der Schüler*innen gehalten (Huwer et al., 2019). In Anbetracht der steigenden Relevanz sowie den Möglichkeiten von AR für die Lernwelt sowie der zunehmenden Forderung nach der Anbahnung von Medienkompetenzen im Kontext der Digitalisierung (u.a. KMK, 2016) bestehen mittlerweile zahlreiche Forschungsunterfangen zum Thema AR im Bildungswesen. Nachfolgend werden aus dem aktuellen Forschungsstand zum Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht Forschungsdesiderate aus fachlicher, grundschuldidaktischer und mediendidaktischer Sicht abgeleitet. Diese bilden den inhaltlichen Rahmen des Symposiums und induzieren die Relevanz der Beiträge.

Was ist AR?

AR wurde in den 1990er Jahren definiert als Anreicherung natürlicher Reize mit simulierten (zumeist visuellen, digitalen) Reizen (vgl. Das, 1994). Diese allgemeine Definition umfasst nicht nur (audio-)visuelle Augmentierungen, sondern klassifiziert beispielsweise auch Web-Mapping-Tools (Gryl, 2012) als eine fachdidaktische Variante von AR. Für die folgenden Beiträge wird die Definition von Azuma, 2001 verwendet, nach der es sich bei AR um eine digitale Technik handelt, bei der das (reale) Blickfeld des Betrachters durch digitale Inhalte angereichert wird. Wobei Realität nicht eindeutig definiert ist, da auch ein angereichertes (Kamera-)Abbild der Realität als „real" (vgl. Demarmels, 2012) gilt, z.B. wenn eine AR-App auf einem Smartphone oder Tablet verwendet wird. Daher ist es bei einer Betrachtung und Einschätzung von AR, besonders in didaktisch eingebetteten Umgebungen (vgl. Marquardt et al. 2020), notwendig sowohl die Augmentierung („A") als auch die Realität („R") genau zu definieren, um diese auf einem didaktischen Kontinuum von Mixed Reality verorten zu können. Entsprechend der Verortung auf dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram et al., 1994) zeichnet sich AR gegenüber ähnlichen Techniken (wie z.B. Virtuell Reality – VR) dadurch aus, dass dem User gleichzeitig reale und digitale Inhalte angezeigt werden, wobei die Realität durch digitale Inhalte eine Ergänzung bzw. Anreicherung der realen Welt erfährt. Milgram et al. unterscheiden zwischen monitor-basierten AR-Anwendungen (z.B. AR-Anwendungen für

PC, Smartphone oder Tablet) und sogenannten „see-through-displays“. In letzterem Fall handelt es sich um spezielle, durchsichtige Brillen mit integrierten Displays, über welche die AR in das unmittelbare Blickfeld integriert wird. Erst durch diese Brillen ist eine Anreicherung quasi ohne den medienbasierten Zwischenschritt in direkten Handlungen nutzbar. Ein Display nutzt immer die Kamera und bildet die Realität als Echtzeit-Video nach, in das dann die Augmentierungen angezeigt werden und ist somit gleichzeitig nicht mehr real. Zudem wird die Handlung durch Einblendung in die Wirklichkeit direkt unterstützt und erleichtert den Zugang zu den Realobjekten.[1] Inwieweit sich diese differenten Technikunterstützungen auf Handlungen und die (Lern-)Wirkungen auf die Schüler*innen beim Experimentieren unterscheiden ist Teil des Forschungsprojektes GeAR, das weiter unten beschrieben wird.

Forschungsstand: AR im naturwissenschaftlichen Unterricht

Mixed-Reality-Anwendungen sind Gegenstand (inter-)nationaler Forschung in den Bereichen Hochschullehre/Lehramtsausbildung (vgl. z.B. Turan et al., 2018), in der Didaktik der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe (vgl. z.B. Seibert et al., 2019), Chang et al., 2019), sowie (international) in der Didaktik und Pädagogik der Primarstufe (Sachunterricht) (vgl. z.B. Chen et al., 2017). Dabei liegt eine Schwierigkeit in dem o.g. Kontinuum des Verständnisses von „A“ & „R“ sowie den damit verbundenen Interventionen auf didaktischer Ebene, die mit unterschiedlichen Anreicherungen oder Virtualisierungen arbeiten und Effekte dieser Arbeit mit unterschiedlichen Methoden bewerten. Es gibt aber durchaus vielversprechende Forschungsergebnisse, auf denen eine didaktische Implementierung ansetzen kann. AR im Kontext schulnaher bzw. schulähnlicher Lehr-Lernsituationen…

- führt zur Motivationssteigerung der Lernenden (z.B. Kuhn et al., 2015) – wobei hier vermutlich ähnliche Langzeitnivellierungen zu erwarten sind wie bei z.B. Senkbeil & Drechsel, 2004
- ermöglicht die Visualisierung nicht-beobachtbarer Phänomene (Wu et al., 2013) – wie sich dies auf einen fachlichen Lerneffekt auswirkt bleibt weiter zu erforschen.
- erhöht die kognitive Verarbeitungstiefe durch Verbindung realer und digitaler Inhalte (Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009)
- bietet Möglichkeiten zur Individualisierung von Lehr-Lernprozessen (Huwer et al., 2018)
- ruft Probleme bzgl. der technischen Nutzung hervor und erfordert zusätzliche Instruktion durch die Lehrenden (Munoz-Christobal et al., 2015)

Besonders die letzten beiden Aspekte zeigen widersprüchliche Ansätze bzw. Ergebnisse. Zudem bleibt unklar, inwieweit eine Einblendungstechnik Individualisierungen erzeugt, die doch zunächst auf didaktischer und dann auf Softwareebene zunächst didaktisch vorformuliert werden müssen, um dann in technische Substitutionen überführt werden müssen. Es bleibt somit immer die Notwendigkeit bestehen, die neuen Chancen und Möglichkeiten der neuen Medien bzw. Techniken aus didaktischer Sicht zu betrachten und in Lehr-Lern-Zusammenhängen abzuwägen und sorgsam einzusetzen (vgl. auch Peschel & Irion, 2016). Die notwendige Erforschung dieser neuen Möglichkeiten aus didaktischer Sicht, ist eine wesentliche Grundlage bei der weiteren Erarbeitung (naturwissenschafts-)didaktischer Ableitungen und beim unterrichtlichen Einsatz bzw. der Implementation.

Es lässt sich ein Trend ableiten: Gemeinsam ist den meisten Forschungsunterfangen, dass mit AR angereicherte Lehr-Lernumgebungen für den Einsatz im schulischen oder schulnahen

[1] Als Beispiel müssten Lernende eine Anreicherung eines Realexperiments mit augmentierten Daten oder Hinweisen auf einem Display immer durch das Kamera-Video des Displays durchführen, da nur hier die digitalen Daten sichtbar sind. Man hat dann zwei Ebenen: Die Realebene, ohne Anreicherung und die Displayeben mit AR, aber ohne direkten Sichtkontakt zu dem Experimentiermaterial. Mit einer AR-Brille (z.B. MS Hololens) erfolgen die Einblendungen hingegen in einem durchsichtigen Bildschirm und lassen einen direkten Blick auf das Experimentiermaterial zu.

(z.B. Schülerlabor, Laborstudie) Kontext zunächst entwickelt und evaluiert werden. Zur Bestimmung der „Qualität“ der Lehr-Lernumgebung werden dabei zumeist ausgewählte bildungswissenschaftlich-kognitionspsychologische Variablen gemessen und die Ergebnisse dieser Messungen werden im Hinblick auf den (potentiellen) didaktischen Impact in (authentischen) Lehr-Lernsituationen rückwirkend interpretiert.

Aktuelle Forschungsdesiderate

Bei der Betrachtung des aktuellen Forschungsstandes zu AR im naturwissenschaftlichen Unterricht fällt auf, dass bei Entwicklung und Evaluation der Lehr-Lernarrangements lediglich Modelle und Prinzipien allgemeinmediendidaktischer und -mediengestalterischer (Scheiter & Richter, 2015) Aspekte herangezogen wurden. Bis heute fehlt ein theoretisch fundiertes Rahmenmodell zum didaktisch-methodisch reflektierten Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein solches Modell sollte die Grundlage bilden zur Konzeption, Umsetzung und Verortung neuer AR-Lehr-Lernangebote sowie zur kritisch-konstruktiven Reflexion bestehender Arrangements. Auf diese Weise bieten sich den Lernenden Chancen, die von der KMK (2016) geforderten Kompetenzen in der digitalen Welt zu erlangen und Lehrende stärken ihre Kompetenzen zur Konzeption und Reflexion von Unterricht (vgl. KMK 2019).

Zum Aufbau des Symposiums

Im Kontext der bestehenden Forschungslage und der daraus für den naturwissenschaftlichen Unterricht resultierenden Forschungsdesiderate nutzte dieses Symposium ein theoretisches Rahmenkonzept zum didaktisch-methodisch reflektierten Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Marquardt et al.). Das Symposion selbst beinhaltet vier Beiträge zu mit AR angereicherten Lehr-Lernumgebungen. Sie zielen auf die Anbahnung digitalisierungsbezogener Kompetenzen bei Lernenden wie auch bei Lehrenden in der gesamten Bildungskette mit Fokussierung auf die Übergangsbereiche in den Klassen 4-9 ab.

Für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe wird eine AR-Lehrlerneinheit zum Thema „Zeichnen von Schaltskizzen“ für Schüler*innen der Klassenstufen drei bis vier (bzw. Übergang zu Klasse fünf) vorgestellt (vgl. Lauer et al.). Marquardt et al. beschreiben ein AR-Szenario zur Verknüpfung des Periodensystems mit dem Bohr’schen Atommodell hinsichtlich der Konzeption der AR, als auch der Durchführung der AR-gestützten Unterrichtsstunde. Beim Experimentieren als zentrales Element im Chemieunterricht können digitale Materialien einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung des selbständigen Kompetenzerwerbs leisten. Seibert et al. beschreiben beispielhaft, wie eine solche Digitalisierung tabletbasiert und digital angereichert bzw. volldigital aussehen kann. Lang et al. Stellen Augmented Reality Materialien vor, welche für den Anfangsunterricht im Fach Chemie entwickelt wurden. Zur individuellen Unterstützung und zum bilingualen Sprachenlernen wird hierfür die AR didaktisch eingebettet eingesetzt.

Fazit

Insgesamt zeigen die vielfältigen Entwicklungen für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht bzw. den Chemieunterricht der Sekundarstufe, dass der Einsatz von AR oder weiteren digitalen Techniken und gestützten Hilfen immer die Grundlegung der Fachdidaktik bedarf. Weiterhin sind psychologische Aspekte wie Cognitive Load, Split Attention oder auch mediendidaktische Aspekte wie Aufmerksamkeitssteuerung durch entsprechende Visualisierungen oder das Zusammenspiel zwischen verschiedenen (analogen und digitalen) Medien (Orchestrierung, vgl. Weinberger 2018) zu beachten, gerahmt und fokussiert durch die fachlichen bzw. fachdidaktischen Lernziele und -methoden (vgl. GFD 2018).

Literatur

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6), 34–47.

Chang, K.-E., Zhang, J., Huang, Y.-S., Liu, T.-C. & Sung, Y.-T. (2019). Applying augmented reality in physical education on motor skills learning. *Interactive Learning Environments*.

Chen, C.-H., Huang, C.-Y., & Chou, Y.-Y. (2017). Integrating Augmented Reality into Blended Learning for Elementary Science Course. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information and Education Technology - ICIET '17* (68–72). Tokyo, Japan: ACM Press.

Das, H. (Hrsg.) (1994). *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE Vol. 2351. Bellingham, WA.

Demarmels, S. (2012). Als ob die Sinne erweitert würden...Augmented Reality als Emotionalisierungsstrategie. *IMAGE – Zeitschrift für interdisziplinäre Wissenschaft* (16), 34-51.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *JSciEducTech*, *18*(1), 7–22.

Feiner, S., MacIntyre, B. & Dorée Seligmann, D. (1992). Annotating the real world with knowledge-based graphics on a see-through head-mounted display. In Booth, K. S. & Fournier, A. (Hrsg). *Proceedings of the conference on Graphics interface '92* (78-85). San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Gesellschaft für Fachdidaktik (GfD) (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt – Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik*.

Gesellschaft für Informatik (GI) (2016). *Dagstuhl-Erklärung – Bildung in der digital vernetzten Welt*.

Grundschulverband (GSV) (2016). *Grundschulkinder bei der Mediennutzung begleiten und innovative Lernpotenziale in der Grundschule nutzen – Standpunkt des GSV zur Medienbildung*.

Gryl, I. (2012): A web of challenges and opportunities. New research and praxis in geography education in view of current web technologies. *European Journal of Geography 3*(3) 33-43.

Huwer, J., Irion, T., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Transformation of Science Education in the Age of Digitalization in Germany - Consequences for primary, secondary and teacher education. *World Journal of Chemistry Education*.

Huwer, J., Lauer, L., Seibert, J., Thyssen, C., Dörrenbächer-Ulrich, L., & Perels, F. (2018). Re-Experiencing Chemistry with Augmented Reality: New Possibilities for Individual Support. *WJCE*, *6*(5), 212–217.

Kuhn, J., Lukowicz, P., Hirth, M. & Weppner, J. (2015). gPhysics – Using Google Glass as Experimental Tool for Wearable-Technology Enhanced Learning in Physics. *EAI Endorsed Transactions on Future Intelligent Educational Environments, 15*.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre.*

Milgram et al. (1994). Augmented Reality: A class of Displays on the Reality-Virtuality-Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE Vol. 2351. Bellingham, WA.

Munoz-Christobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P. & Dimitriadis, Y. (2015). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. Learning Technologies, IEEE Transactions on Learning, 8(1), 83-97.

Peschel, M. (Hrsg.). (2016). Mediales Lernen ? Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren. Abgerufen von http://paedagogik.de/index.php?m=wd&wid=2798

Peschel, M. & Irion, T. (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0 - Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. Grundschulverband.

Puetendura, R. (2010). *A Brief Introduction to TPCK and SAMR*. Verfügbar unter http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2011/12/08/BriefIntroTPCKSAMR.pdf

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht - Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*.

Scheiter, K., & Richter, J. (2015). Multimediale Unterrichtsmaterialien gestalten: Ergebnisse der empirischen Lehr-Lernforschung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *145*, 8–11.

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., & Huwer, J. (2019). Potenzial für "mehr Tiefe" - Augmented Reality im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Computer + Unterricht, 114*, 32-34.

Senkbeil, M. & Drechsel, B. (2004): Vertrautheit mit dem Computer. In: Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.): PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann. S. 177-190.

Tröbst, S., Kleickmann, T., Lange-Schubert, K., Rothkopf, A. & Möller, K. (2016). Instruction and Students' Declining Interest in Science: An Analysis of German Fourth- and Sixth-Grade Classrooms. AERJ, 53.

Turan, Z., Meral, E. & Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education, 42*(3), 427-441.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41-49.

Luisa Lauer
Markus Peschel
Matthias Marquardt
Johann Seibert
Vanessa Lang
Christopher Kay

Universität des Saarlandes

Augmented Reality (AR) in der Primarstufe – Entwicklung einer AR-gestützten Lehr-Lerneinheit zum Thema Elektrik

Die digitale Technik Augmented Reality (AR) (vgl. Azuma et al., 2001) erlaubt die inhaltliche und semantische Verknüpfung realer und digitaler Elemente. Sie kann eingesetzt werden, um reale Gegenstände mit symbolhaften Repräsentationen zu verschränken. Diese Stärke von AR kann im Sachunterricht der Primarstufe zum Beispiel zur Unterstützung von Lernenden beim Zeichnen von Schaltskizzen genutzt werden, denn der Zusammenhang zwischen realen Objekten und zugehörigen Schaltsymbolen stellt in diesem Kontext eine zentrale Lernschwierigkeit dar (vgl. z.B. Schecker et al., 2018). AR dient dabei als individuelle, adaptive visuelle Hilfe bei der Verknüpfung verschiedener Repräsentationsformen von Objekten und beim Ausbau semantischer Strukturen und Hierarchien – sowohl beim Erstellen von Schaltskizzen zu gegebenen Schaltungen als auch beim Bau von Schaltungen zu gegebenen Schaltskizzen. Im Folgenden wird daher eine AR-gestützte, experimentelle[1] Lehr-Lernumgebung zum Zeichnen von Schaltskizzen vorgestellt.

Problemstellung

Aus aktuellen Entwicklungen im Bereich Digitalisierung und Lernen (KMK, 2016; GFD, 2018; GI, 2016; GSV, 2016; GDSU 2019 i.V.) kristallisiert sich die Forderung nach der Anbahnung von Medienkompetenzen beim Lernen *mit* und beim Lernen *über* Medien heraus (vgl. Peschel & Irion 2016). Ziel soll sein, digitale Medien dort in Lehr-Lernsituationen einzubinden, wo aus didaktischer Sicht ein Mehrwert[2] für den Lernprozess der SchülerInnen hergestellt werden kann. Mit Blick auf die rasante Entwicklung im Bereich der digitalen Technologien ist festzustellen, dass der didaktische Einsatz solcher Medien im Sachunterricht der Primarstufe bislang kaum erforscht ist (vgl. z.B. Bach, 2018; Eickelmann, 2016). Im Sachunterricht der Primarstufe in Deutschland besteht angesichts laufender oder bereits abgeschlossener Forschungsaktivitäten in anderen Ländern zu AR im schulischen Kontext (z.B. USA, siehe z.B. Chen et al., 2017; Miller & Doussay, 2015) ein Forschungsdesiderat bezüglich der Einsatzmöglichkeiten von Augmented Reality.

Im Themenfeld „Elektrik" im Sachunterricht erschweren oft Fehlvorstellungen und Lernschwierigkeiten den Lehr-Lernprozess (vgl. Schecker et al., 2018). Hier könnten sich durch

[1] „Experimentell" wird mit doppelter Bedeutung verwendet: Zum einen ist der Bezug zum Experimentieren gemeint, zum anderen ist dies eine Referenz auf die Einbettung der Lehr-Lerneinheit in eine universitäre Studie, in Rahmen derer die Lehr-Lerneinheit erprobt wird.

[2] In Anbetracht des Diskurses um den Begriff „Mehrwert" (vgl. z.B. Krommer, 2018) und um die Orchestrierung digital angereicherter Lehr-Lernarrangements (vgl. z.B. Weinberger, 2018) ist „Mehrwert" aus didaktischer Sicht so zu verstehen, dass jede Verbesserung des Lehr-Lernprozesses (z.B. Anschaulichkeit der Inhalte, methodische Gestaltung, Zeit- und Arbeitsmanagement, Lernerfolg, verringerte kognitive Belastung der Lernenden,…) einen Mehrwert darstellt.

eine Anreicherung über Augmented Reality neue Wege der (visuellen) Unterstützung der Lernenden und/ oder neue Aufgabenformate (vgl. SAMR-Modell nach Puetendura, 2010) eröffnen. Aus diesem Kontext ergibt sich unmittelbar die Forschungsfrage: „*Wie lässt sich eine experimentelle Lehr-Lerneinheit mit Augmented Reality im naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht (Thema Elektrik) so anreichern, dass sich aus didaktischer Sicht ein Mehrwert ergibt?*“ In Anlehnung an die formulierte Forschungsfrage wird im Folgenden eine mit AR angereicherte Lehr-Lernumgebung zum Zeichnen von Schaltskizzen beschrieben, welche im Rahmen des Promotionsprojektes „GeAR“ - Gelingensbedingungen von Augmented Reality beim Experimentieren“ im Zuge einer Laborstudie an der Universität des Saarlandes im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX) erprobt wird. In diesem Artikel wird die didaktisch-methodische Konzeption der Lehr-Lerneinheit mit besonderem Augenmerk auf der Rolle und Funktion der AR erläutert.

„Elektrik" im Sachunterricht der Primarstufe

Das Thema „Elektrik“ ist gemäß des saarländischen Kernlehrplans Sachunterricht von 2010 für die Klassenstufen 3/4 vorgesehen und ist dem Themenkomplex „Unbelebte Natur und Technik“ zugeordnet. Es wird tendenziell aus unterschiedlichen Gründen einerseits von Lehrkräften oft gemieden oder nur sehr oberflächlich behandelt und andererseits von Lernenden als uninteressant empfunden (vgl. Köster, 2006; Köster, 2013; Tröbst et al., 2016). Hinzu kommt der hohe fachliche Schwierigkeitsgrad dieses Themengebietes, welcher unter anderem von der „Nicht-Beobachtbarkeit“ vieler Phänomene, der Notwendigkeit des Heranziehens von Modellen und ggf. des Wechsels zwischen verschiedenen Repräsentationsformen herrührt (vgl. Schecker at al., 2018). Hier können verschiedene digitale Werkzeuge Lehrkräfte unterstützen.

Da AR durch die Überlagerung von Realität und Digitalität die inhaltliche und semantische Verknüpfung realer Objekte mit digital generierten Inhalten erlaubt, wird AR in dieser Lehr-Lernumgebung genutzt, um die Lernenden beim Herstellen von Zusammenhängen zwischen den Bauteilen eines Schaltkreises (enaktive Repräsentation gemäß Bruner et al., 1988) und ihren zugehörigen Schaltsymbolen (ikonische bzw. symbolische Repräsentation, ebd.) zu unterstützen. Damit soll im Besonderen der Schwierigkeit der Abstraktion von der Gestalt der realen Schaltung hin zur stark vereinfachten und sich in Bezug auf die räumliche Anordnung der Elemente oft unterscheidenden Schaltskizze Abhilfe geschaffen werden.

Beschreibung der Lehr-Lerneinheit

Die Lehr-Lernumgebung ist bezüglich der formulierten Lernziele auf die Vorgaben des saarländischen Kernlehrplans Sachunterricht von 2010 abgestimmt und kann von Schüler*innen der Klassenstufen 3 bis 5 genutzt werden. Die Lernziele sind:

- LZ1: Die Schüler*innen ordnen Schaltsymbole und korrespondierende Bauteile einander zu.
- LZ2: Die Schüler*innen zeichnen eine Schaltskizze zu einer gebauten Schaltung.
- LZ3: Die Schülerinnen bauen eine Schaltung anhand einer gegebenen Skizze auf.
- LZ4: Die Schüler*innen finden Fehler beim Vergleich vorgelegter Schaltskizzen und Schaltungen.

Die Lernenden erhalten vorab eine Video-Instruktion zu den Symbolen für die Bauteile einer elektrischen Schaltung. Sie nutzen die AR-Unterstützung mittels einer speziellen AR-Brille während der sich an die Instruktion anschließenden Erarbeitungsphase. Am Arbeitsplatz befindet sich eine Experimentierfläche mit allen erforderlichen Bauteilen. Gemäß der Visualisierung in Abb. 1 sehen die Lernenden über den realen Bauteilen mithilfe der AR-Brille augmentierte Schaltsymbole der entsprechenden Bauteile. Diese bewegen sich mit den Objekten. Werden Bauteile elektrisch leitend miteinander verbunden, fügen sich (in der AR) deren

Schaltsymbole in Echtzeit zu einer (Teil-)Schaltskizze zusammen. Dabei ändert sich die Farbe der Symbole von rot (unverbunden) zu blau (verbunden). Die Software, welche die Darstellung der AR-Inhalte steuert, unterscheidet zwischen offenen und geschlossenen Schaltern, sowie zwischen leuchtenden und nicht leuchtenden Lampen und adaptiert die augmentierte Schaltskizze entsprechend dem realen Aufbau.

Fazit und Ausblick

Ziel ist es, das (aus technischer Sicht) in Entwicklung befindliche Lehr-Lernszenario in eine universitäre Laborstudie einzubetten. Hierzu werden verschiedene Testinstrumente und Arbeitsanweisungen aufbereitet bzw. konstruiert. Im Rahmen der Laborstudie wird dieses Lehr-Lernszenario mit AR-Brille getestet gegen inhaltsgleiche, aber visualisierungsdifferente Versionen mit (I) analoger AR-Anwendung auf einem Tablet und (II) klassischen Hilfen ohne AR.

Mit dieser AR-Lehr-Lerneinheit erhalten die Lernenden eine individuelle, adaptive Echtzeit-Hilfe, die sie bei der Verknüpfung der Bauteile mit den zugehörigen Schaltsymbolen unterstützt. Durch die Abstimmung auf die im Curriculum verankerten Lernziele anzubahnenden Kompetenzen besitzt sie das fachdidaktische Ziel, den Unterricht zur Thematik „Zeichnen von Schaltskizzen“ im Hinblick auf die Individualisierung, Selbstständigkeit und Anschaulichkeit zu verbessern. Die didaktisch-methodische Einbettung der AR (Unterstützung beim Wechsel von Repräsentationsformen in der Erarbeitungsphase) ergibt sich unmittelbar aus der fachdidaktischen Zielsetzung. Die hierfür erforderliche AR-Software stellt eine Neuentwicklung dar und kann dadurch passgenau auf die gewünschten Funktionen zugeschnitten werden.

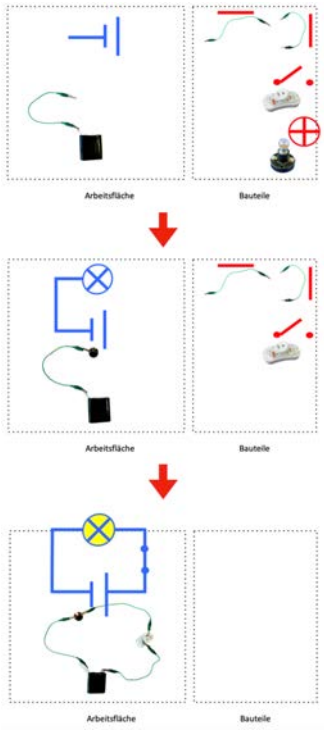


Abb. 1: Schematische Darstellung der AR-Schaltsymbolik passend zur jeweiligen Schaltung

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183–198.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6), 34–47.

Bach, S. (2018). *Subjektiver Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern beim unterrichtlichen Einsatz von kidi-Maps. Eine Studie zum Einsatz digitaler Karten am Beispiel von kidi-Maps im Vergleich zu analogen Karten bei Schülerinnen und Schülern einer vierten Jahrgangsstufe*. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.

Bruner, J. & Oliver, R. & Marks Greenfield, P. (1988). *Studien zur kognitiven Entwicklung.* Stuttgart: Kohlhammer.

Chen, C.-H., Huang, C.-Y., & Chou, Y.-Y. (2017). Integrating Augmented Reality into Blended Learning for Elementary Science Course. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information and Education Technology - ICIET '17* (68–72). Tokyo, Japan: ACM Press.

Eickelmann, B. (2016). Eine Bilanz zur Integration digitaler Medien an Grundschulen in Deutschland aus international vergleichender Perspektive. In Peschel, M. & Irion, T. (Hrsg.). (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0 - Grundlagen - Konzepte - Perspektiven* (79-90). Grundschulverband.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2019). Sachunterricht und Digitalisierung – Positionspapier der GDSU. (i.V.)

Gesellschaft für Fachdidaktik (GfD) (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt – Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik*.

Gesellschaft für Informatik (GI) (2016). *Dagstuhl-Erklärung – Bildung in der digital vernetzten Welt*.

Grundschulverband (GSV) (2016). *Grundschulkinder bei der Mediennutzung begleiten und innovative Lernpotenziale in der Grundschule nutzen – Standpunkt des GSV zur Medienbildung*.

Kernlehrplan Sachunterricht Grundschule (2010). Verfügbar unter: https://www.saarland.de/dokumente/thema_bildung/KLPSUGS.pdf

Köster, H. (2006): Freies Explorieren und Experimentieren mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. In: Lück, G., Köster, H.: *Physik und Chemie im Sachunterricht.* Braunschweig, Bad Heilbrunn.

Köster, H. (2013): Zur Rolle des Experimentierens im Sachunterricht. In: *Handbuch Experimentieren* (2. Aufl.), Baltmannsweiler. S. 49-68.

Krommer, A. (2018). *Wider den Mehrwert! Oder: Argumente gegen einen überflüssigen Begriff*. Verfügbar unter: https://axelkrommer.com/2018/09/05/wider-den-mehrwert-oder-argumente-gegen-einen-ueberfluessigen-begriff/

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Miller, D., & Doussay, T. (2015). Implementing Augmented Reality in the Classroom. *Issues and Trends in Educational Technology*, *3*(2), 1–11.

Peschel, M. & Irion, T.. (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0 - Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. Grundschulverband.

Puetendura, R. (2010). *A Brief Introduction to TPCK and SAMR*. Verfügbar unter http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2011/12/08/BriefIntroTPCKSAMR.pdf

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht - Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*.

Scheiter, K., & Richter, J. (o. J.). Multimediale Unterrichtsmaterialien gestalten: Ergebnisse der empirischen Lehr-Lernforschung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *145*, 8–11.

Tröbst, S., Kleickmann, T., Lange-Schubert, K., Rothkopf, A. & Möller, K. (2016). Instruction and Students' Declining Interest in Science: An Analysis of German Fourth- and Sixth-Grade Classrooms. *American Educational Research Journal, 53*.

Tröbst, S., Kleickmann, T., Lange-Schubert, K., Rothkopf, A. & Möller, K. (2016). Instruction and Students' Declining Interest in Science: An Analysis of German Fourth- and Sixth-Grade Classrooms. *American Educational Research Journal, 53*.

Weinberger A. (2018) Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologie-unterstützten Lernens. In: Ladel S., Knopf J., Weinberger A. (Hrsg.) *Digitalisierung und Bildung*. Wiesbaden: Springer VS

Matthias Marquardt
Johann Seibert
Luisa Lauer
Vanessa Lang
Markus Peschel
Christopher W. M. Kay

Universität des Saarlandes

Augmented Reality als Werkzeug zur Verknüpfung des Periodensystems der Elemente mit dem Bohr'schen Atommodell

Einleitung

Innerhalb ihres Strategiepapiers zur Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2016) fordert die Kultusministerkonferenz, dass digitale Lernumgebungen unter curricularen sowie didaktischen Gesichtspunkten gestaltet und systematisch eingesetzt werden sollen. Eine der Möglichkeiten, eine unter dem „Primat der Didaktik" (Gervé, 2016, 35) entwickelte, digitale Lernumgebung im Chemieunterricht einzusetzen, beschreibt die im Folgenden dargestellte Augmented-Reality-konzipierte Unterrichtsstunde zum Thema „Periodensystem der Elemente und Bohr'sches Atommodell". Der Wert des Einsatzes von Augmented Reality (AR) ergibt sich nicht aus ihrer Medialität an sich, sondern aus der Art und Weise, wie sie – als Werkzeug – in die didaktische Konzeption der Unterrichtsstunde eingebettet ist (Wu, Lee, Chang & Liang, 2013; Peschel & Irion, 2016). In dieser Konzeption verknüpft Augmented Reality die Systematik innerhalb der Hauptgruppen und Perioden des Periodensystems der Elemente mit einer visuellen Darstellung des Bohr'schen Atommodells durch die simultane Augmentierung.

Konzeption der Augmented Reality Inhalte

Um die Konzeption und den Einsatz sowie die didaktischen Möglichkeiten von Augmented Reality im folgenden Unterrichtsszenario zu planen und zu reflektieren, wird das DeAR-Modell (Marquardt et al., 2020 i.V.) genutzt. Durch das Modell ergeben sich bestimmte Anforderungen an die digitale Lernumgebung (z.B. für die Form der Darstellung oder mögliche Interaktionen). Diesen didaktischen Anforderungen entsprechend wird die Umsetzung dieser exemplarischen Unterrichtsstunde zum Periodensystem der Elemente und dem Bohr'schen Atommodell modelliert und die Augmented Reality an Unterrichtsstunde und Schüler*innen angepasst:

Im Rahmen der Unterrichtsstunde sollen die ersten drei Perioden des Periodensystems der Elemente mittels Augmented Reality-Anwendung um die Darstellung des Bohr'schen Atommodells erweitert werden. Die Zusammenhänge zwischen dem Aufbau der Atome und der Anordnung der Elemente innerhalb des Periodensystems der Elemente sollen dadurch anschaulich dargestellt werden[1]. Um nach der Cognitive-Load-Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005) die äußere kognitive Belastung möglichst gering zu halten, wurde auf die Darstellungsvariante mit den gekippten Bahnen verzichtet. Aus fachdidaktischer Sicht gibt es an dieser Stelle keine Notwendigkeit einer dreidimensionalen Darstellung, da in der

[1] Folglich ist es notwendig, dass mehrere Trigger gleichzeitig erkannt, verarbeitet und laufend aktualisiert werden müssen. Nur so kann technisch umgesetzt werden, dass der / die Schüler*in in Abhängigkeit von der selbst erstellten Anordnung der Elemente eine passende Darstellung der Elemente im Bohr'schen Atommodell erhält – und darüber hinaus im Fall einer Korrektur der Anordnung der Elementkärtchen durch den / die Schüler*in eine Aktualisierung der darüber augmentierten Darstellung. Das Bohr'sche Atommodell könnte planar oder mit gegeneinander gekippten Bahnen dargestellt werden, jedoch wird in einer dreidimensionalen Darstellung das Abzählen der Elektronen durch das eventuelle Überlappen der Bahnen erschwert.

dreidimensionalen Ansicht keine zusätzlichen Informationen enthalten sind[2]. Während Augmented Reality häufig dazu verwendet wird, um räumliche Darstellungen zu verdeutlichen (vgl. Maier & Klinker, 2013; Martín-Gutiérrez et al., 2010), liegt der Fokus in dieser Konzeption der Augmentierung des Periodensystems auf der Verknüpfung der digitalen Inhalte im realen Raum. Das Ziel des AR-Einsatzes ist die Verknüpfung des Periodensystems der Elemente, einer Anordnung von Elementen, mit ihrer Systematik auf der Ebene des Bohr'schen Atommodells, folglich einer Verknüpfung einer Darstellung mit einer Position im Periodensystem analog zur Natur von Augmented Reality. Die Schüler*innen können sich ohne erneute Zuordnung der Modellebene mit zusätzlichen Kärtchen der Analogiebildung zwischen Symbol- und Modellebene zuwenden. Gerade als Lerner sollen die verschiedenen Ebenen nicht simultan betrachtet und erarbeitet werden (Johnstone, 2000). Im Rahmen dieser Konzeption wird die Trennung der einzelnen Ebenen zusätzlich durch einen Medienwechsel von analog zu AR betont und mit Hilfe der AR die Modellebene mit der Symbolebene verknüpft.

Augmented Reality-gestützte Unterrichtsstunde zum Periodensystem der Elemente

Die geplante Unterrichtsstunde dient der Erarbeitung des Periodensystems der Elemente durch die Schüler*innen und der Verknüpfung des Periodensystems der Elemente mit dem Bohr'schen Atommodell. Die Schüler*innen werden in Dreiergruppen unterteilt. Jede Gruppe erhält einen Satz Elementkärtchen (siehe Abb. 1), bestehend aus den ersten 18 Elementen. Diese sollen erst ohne AR auf Grund der Informationen auf den Elementkärtchen nach der aufsteigenden Protonenzahl geordnet und danach an Hand von Auffälligkeiten in den angegebenen Größen (hier Atomradius und jeweils erste Ionisierungsenergie) in Gruppen untergliedert werden. Wenn alles den auf den Elementkärtchen angegebenen Atomradien oder ersten Ionisierungsenergien entsprechend angeordnet wurde (erste Gruppe Wasserstoff bis Helium, zweite Gruppe Lithium bis Neon und die dritte Gruppe Natrium bis Argon), können die Schüler*innen noch weitere Beobachtungen an den von ihnen angeordneten Elementkärtchen machen.[3] Haben die Schüler*innen einen vorläufigen Abschluss bezüglich der Einteilung der Elemente in Gruppen erzielt, erhält jede Schülergruppe eine tabletbasierte AR. Die Kärtchen fungieren als Trigger und enthalten jeweils eine Animation des beschriebenen Elementes im Bohr'schen Atommodell. Die Schüler*innen können nun ablesen, dass sich von Gruppe zu Gruppe die Anzahl der Bahnen um eine erhöht. Ebenso erhöht sich die Valenzelektronenzahl innerhalb einer Gruppe mit steigender Ordnungszahl um eins.

Für den / die Schüler*in erfüllt die Augmentierung zwei Rollen:
(1) Zum einen bietet die AR-Anwendung einen Zusatz, um die Anordnung der Elemente zu überprüfen. Statt auf Symbolebene, wie beim Anordnen selbst, wird auf der Modellebene, die korrekte Aufteilung deutlich (maximal drei Bahnen mit je einem Elektron auf der äußeren Bahn mit steigender Ordnungszahl mehr).
(2) Zum anderen dient die Augmentierung der Verknüpfung zwischen dem Periodensystem und dem modellierten Aufbau der Atome. Ebenso trennt die AR gleichzeitig die repräsentationale Ebene und die Submikro-Ebene (Johnstone, 2000). Von besonderem Interesse für das grundlegende Fachverständnis ist die Verknüpfung zwischen den einzelnen Hauptgruppen und der Anzahl der Valenzelektronen. Die Ergebnissicherung erfolgte mittels Fotos oder

[2] Aus Gründen der Erkennbarkeit auch in flacheren Winkeln wurde jedoch eine dreidimensionale planare Darstellung gewählt, da die zweidimensionale Projektion des Kerns oder Elektrons auf dem Display unabhängig vom Winkel die gleiche Fläche einnimmt und somit unabhängig vom Winkel gut erkennbar ist.

[3] Sie können entdecken, dass die Größe der Atome von Gruppe, später mit dem Fachbegriff Periode benannt, zu Gruppe zunimmt, innerhalb der Gruppe aber mit steigender Ordnungszahl kleiner wird und sich die ersten Ionisierungsenergien in ihrer Tendenz umgekehrt zu den Atomradien verhalten, Ordnungszahl, Elektronenzahl und Protonenzahl sind gleich groß usw. An dieser Stelle sollen die Schüler*innen außerdem erneut ihre Unterteilung hinsichtlich der Systematik reflektieren.

Screenshots mit dem iPad, welche durch Zusammenhänge hinsichtlich Größe, Anzahl der Bahnen und Valenzelektronen von den Schülern*innen ergänzt wurde.

Abb. 1: Trigger- und Elementkärtchen

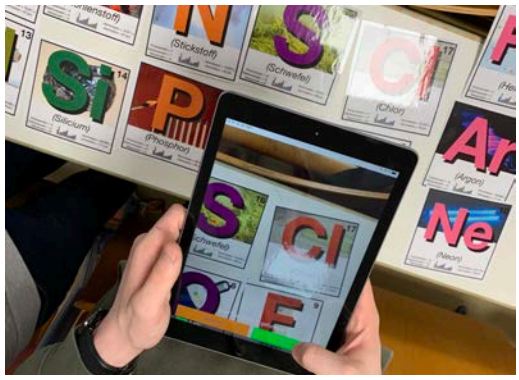


Abb. 2: Überprüfung der Anordnung mittels AR

Zusammenfassung und Ausblick

Ein kleiner Teil der Schüler*innen interessierte sich eher für die Funktionsweise der Augmented Reality als für das Periodensystem der Elemente. Bei den meisten Schüler*innen stellte sich jedoch nach kurzer Zeit ein Gewöhnungseffekt an die Technik ein und konzentrierten sich wieder vollends auf den fachlichen Inhalt der Stunde (siehe auch Senkbeil & Drechsel, 2004). Wurden Elemente der falschen Hauptgruppe oder Periode zugeordnet, konnten die Schüler*innen zumeist durch/nach Nutzung der AR das Element einordnen. Eine Weiterentwicklung der AR in Bezug auf Interaktivität und Differenzierung wäre erstrebenswert, da gerade die Einordnung des Heliums Probleme verursachte und die Problemlösung durch die Einblendung von Hilfen unterstützt werden könnte. Zum Stundenende konnten die Schüler*innen die Systematik hinter dem Periodensystem der Elemente (bezüglich Anordnung der Elemente, qualitativ die Größenänderung zwischen den einzelnen Perioden, sowie innerhalb einer Periode) und die Darstellung der Elemente im Bohr'schen Atommodell in einer kurzen Reflexionsrunde am Stundenende beschreiben („Die hier untereinander haben ja alle ein Elektron außen."). Gleichzeitig wurde durch eine Schülergruppe ein Ansatz für eine Verfeinerung des Atommodells in den Raum geworfen („Da sind ja noch kleine Stufen in den Stufen?! Könnte man das weiter unterteilen?" vgl. Abb. 1) und könnte als Anknüpfungspunkt für das spätere Orbitalmodell wieder aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Mit den mittlerweile leistungsstarken Tablets hat AR eine solide Plattform für den Unterrichtseinsatz bekommen und ist daher auf technischer Ebene einsatzbereit. Aus didaktischer Sicht eignet sich Augmented Reality, was von seiner Natur aus eine Verknüpfung zweier Ebenen (Realität - Virtualität) darstellt, besonders für ein Unterrichtsszenario in dem verschiedene Betrachtungsebenen – die repräsentationale Ebene mit seiner Symbolebene und die Submikro-Ebene – miteinander verknüpft werden sollen und trotzdem eine vorrübergehende Trennung der Ebenen, wie von Johnstone (2000) beschrieben, von Vorteil ist. Grundsätzlich ist von einer simultanen Betrachtung der Ebenen abzuraten (Johnstone, 2000). Gerade dieser ebenenverknüpfende Charakter (Realität und Virtualität) offeriert Potentiale als auch Gefahren. Aus diesem Grund ist eine didaktische Reflexion des Unterrichtseinsatzes von Augmented Reality und eine didaktische Einbettung in das Unterrichtskonzept, wie von Peschel & Irion (2016) und Wu (2013), unerlässlich.

Literatur

Gervé, F. (2016). ICT im Sachunterricht – Impulse für Forschung und Entwicklung. In: Peschel, M. (2016): Mediales Lernen. *Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 35-52.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, *1*(1), 9–15.

KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt—Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf.

Maier, P., & Klinker, G. (2013). Augmented Chemical Reactions: 3D Interaction Methods for Chemistry. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, *9*(S8), 80. https://doi.org/10.3991/ijoe.v9iS8.3411.

Martín-Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, *34*(1), 77–91. https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003.

Marquardt, M., Seibert, J., Lauer, L., Peschel, M. & Kay, C. W. M. (2020). *DeAR: Didactically embedded Augmented Reality in science education*. (i.V.).

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge UP.

Peschel, M. & Irion, T. (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0 - Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. Grundschulverband.

Senkbeil, M. & Drechsel, B. (2004): Vertrautheit mit dem Computer. In: Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.): *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann. S. 177-190.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). *Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education*. *Computers & Education*, *62*, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024.

Johann Seibert[1]
Matthias Marquardt[1]
Vanessa Lang[1]
Luisa Lauer[1]
Markus Peschel[1]
Franziska Perels[1]
Johannes Huwer[2]
Christopher W. M. Kay[1]

[1]Universität des Saarlandes
[2]Pädagogische Hochschule Weingarten

AR-MEI-SE: Augmented Reality Multitouch Experiment Instruction in Science Education

Einleitung

Die immer weiter voranschreitende Digitalisierung unserer Schulen stellt Lehrer*innen, aber auch Lehramtsstudierende, vor die Herausforderung nach dem (didaktisch und fachlich) sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Einen inhaltlich verbindlichen Rahmen hat dafür die Kultusministerkonferenz 2017 (KMK, 2017) mit den „Kompetenzen in der digitalen Welt“ geschaffen. Doch sind diese Kompetenzen eher nationale, fächerübergreifende Bildungsstandards, die in den jeweiligen Fächern fachdidaktisch aufbereitet und spiralcurricular erworben werden müssen. Es ist also die Aufgabe der einzelnen Schulfächer, diese allgemeinen Kompetenzen für ihr Fach abzuleiten und fachdidaktisch eingebettet für den Unterricht nutzbar zu machen. Für diese Anforderungen gibt es allerdings nach wie vor deutlichen Entwicklungsbedarf didaktisch sinnvoller und fachlich wertvoller digitaler Anwendungen, die zur Orchestrierung im Naturwissenschaftsunterricht gewinnbringend eingesetzt werden können (Weinberger, 2018). Der Naturwissenschaftsunterricht hat dabei eine besondere Rolle, da hier das Experiment als Methode im Zentrum der Erkenntnisgewinnung steht und entsprechende Digitalisierungen sehr sensibel entwickelt werden müssen. Dieser Beitrag widmet sich der Möglichkeit, diesen naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess im Experiment mit Augmented Reality (AR)-Technik (displaybasiert, s. Klammerbeitrag) anzureichern. Konkret wird beschrieben, wie individualisierte, gestufte Hilfestellungen beim Experimentieren mittels digitalen Zusatzinformationen umgesetzt werden können oder die Schüler*innen auf eine komplett digitale Variante zurückgreifen können, wenn z.B. die manuellen Schwierigkeiten beim Experimentieren vom inhaltlichen Lernprozess ablenken bzw. diesen digital mit Hilfen unterstützen können.

Multitouch Experiment Instruction als volldigitale und digital erweiterte Variante

Multitouch Experiment Instructions (kurz: MEI) sind nach Seibert, Huwer und Kay (2019) digitale Lernwerkzeuge, welche in der aktuellen Unterrichtssituation kognitive Lernprozesse fördern sollen. Sie ermöglichen das Lernen z.B. in Form einer interaktiven Multitouch-Versuchsanleitung. Die Art der Darstellung der Versuchsanleitung kann volldigital als interaktives iBook (Seibert et al., 2019a), aber auch digital erweitert, als AR (Seibert et al., 2019b) dargeboten werden. Den Schüler*innen wird neben dem iBook (volldigital) oder der AR auf dem iPad (digital erweitert) die standardmäßige reale Laborausstattung zum Experimentieren bereitgestellt. Hierbei dient die MEI als Lernwerkzeug, um bei eventuell auftretenden Schwierigkeiten beim Experimentieren unterstützen zu können. Diese Unterstützung kann auf experimentier-, geräte-, sprach- oder verständnisbasierter Ebene wirken. Neben diesen individuellen (gestuften) digitalen Hilfestellungen haben die Schüler*innen die Möglichkeit, ihre Ergebnisse aus dem Experiment direkt in der MEI (Augmented Reality, iBooks) zu dokumentieren und den Lernzuwachs zu fixieren. Das chemische Experiment selbst wird um eine digitale und vor allem interaktive Versuchsanleitung zur verbesserten individuellen Förderung beim Experimentieren ergänzt, ersetzt also das praktische experimentelle Handeln nicht. Bei der

Entwicklung der didaktischen digitalen Unterstützungen werden neben fachdidaktischen Konzepten sowohl bildungswissenschaftliche als auch mediendidaktische Gestaltungskriterien beachtet. Auf Grundlage vorangegangener Arbeiten zu digitalen Funktionen von Tablets im Chemieunterricht und Schülerlabor sowie dem Einsatz von Multitouch Learning Books als Lernbegleiter werden die MEIs gezielt auf ein bestimmtes/spezielles Experiment zugeschnitten (Seibert et al., 2019c; Huwer, Bock & Seibert, 2017; Huwer et al., 2019a). Dabei sind besonders die kognitiven Lernprozesse bei der Erstellung einzelner Tools im iBook bzw. der AR prioritär zu beachten, da grundlegende Aspekte der Cognitive Load Theory of Multimedia Learning von Mayer (2005) eine zentrale Rolle bei der Anordnung und Strukturierung der digitalen Materialien spielen. Hierbei wird besonders großer Wert darauf gelegt, dass durch eine klar strukturierte Benutzeroberfläche und anschauliche Darbietung der Hilfestellungen Split-Attention-Problematiken vermieden werden, was mittels Overlay-Attention erzeugt/gelöst wird.

Insgesamt soll durch die Implementierung von MEIs das Selbstregulierte Lernen (SRL) von Schüler*innen gefördert werden. Dieses Selbstregulierte Lernen kann in drei Hauptphasen unterteilt werden, welche der Planung, Durchführung und Evaluation des eigenen Experimentierens stark ähnelt. In der präaktionellen Phase liegt der Fokus auf der theoretischen Vorbereitung des Experiments. Für die aktionelle Phase sollen die Schüler*innen selbstständig Experimentieren und ihre Ergebnisse dokumentieren. Die postaktionelle Phase beinhaltet die Auswertung der Ergebnisse, wobei die Schüler*innen direktes Feedback von der MEI zu ihrem Experiment erhalten, um die Ergebnisse reflektieren zu können. Diese drei Aspekte werden durch eine kontinuierliche vierte Dimension, ein Lerntagebuch, zur Förderung des SRL ergänzt, welches die Experimente unterstützt und durch regelmäßiges Feedback der Lehrkraft zur Reflexion beiträgt. So werden die drei Phasen der SRL erreicht: Planung, Durchführung und Reflexion des Experimentierens. Diese drei Phasen werden durch gezielte Darbietung in der MEI implementiert. Beide Varianten – digitale Materialien in Form eines iBooks und einer Augmented Reality-Versuchsanleitung – wurden zu einem ausgewählten Experiment erstellt und die jeweiligen Wirkungsprinzipien erforscht.

Multitouch Experiment Instruction als interaktives iBook
Die volldigitale Variante der interaktiven Versuchsanleitung wird über ein iBook den Schüler*innen bereitgestellt. Alle Teilaufgaben erhalten eine eigene Buchseite und sind identisch aufgebaut. Auf der linken Seite erhalten die Lernenden Anweisungen zum Dokumentieren und zum Erklären. Durch eine gezielte Auswahl der Buttons soll der Fokus auf die oben beschriebenen drei Phasen des Selbstregulierten Lernens gelegt werden.
Im Zuge des differenzierenden Unterrichtens erhalten die Schüler*innen zu jedem Teilexperiment verschiedene Arten von Hilfestellungen. Diese Art der Unterstützung soll dazu dienen, dass den Lernenden selektierter geholfen werden kann. Zudem kann so das eigenständige Experimentieren und somit Lernen gefördert werden.

Multitouch Experiment Instruction als Augmented Reality
Die Kernidee dieser Art digitaler Materialien liegt in einer natürlichen Interaktion (Information On Demand) zwischen Schüler*innen und Lehrer*innen begründet.[1] Mit Hilfe eines augmentierten Aufgabenblatts kann genau diese lehrerorientierte Handlung interaktiv mit digitalen Medien abgebildet werden (Huwer et al., 2018a). Die Schüler*innen erhalten wie bei der analogen Umsetzung des Experiments ein Arbeitsblatt, auf dem die Anweisung zum

[1] Der/die Schüler*in kommt mit einem Arbeitsblatt zur Lehrperson und zeigt auf eine Stelle auf dem Arbeitsblatt und sagt: „Ich habe an der Stelle ein Problem (z.B. Ich verstehe das Wort „molares Volumen“ nicht).“ und bekommt von der Lehrperson unmittelbar Hilfe.

Experiment fixiert ist. In dieser Art des mit Trigger (Erläuterung) versehenen Aufgabenblattes erhalten die Lernenden die gewünschten Hilfestellungen „on demand“ per Tablet, wenn er sie einfordert. Dies hat im gleichen Maß zur Folge, dass die Schüler*innen zunächst frei und unabhängig von der Lehrperson experimentieren kann; die Hoffnung ist, dass dabei auch die Gefahr eines Cognitive Overload minimiert wird, was erforscht wird.

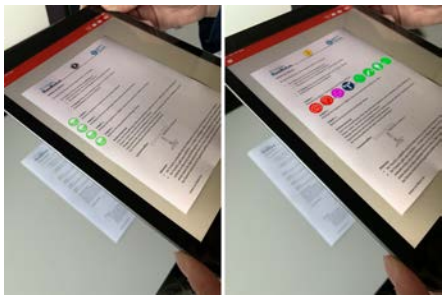


Abb. 1 Strukturierung der Hilfen je Teilaufgaben (links) und inhaltliche Strukturierung der Overlays in der Augmented Reality (rechts)

Didaktische Begründung zum Einsatz von Augmented Reality Multitouch Experiment Instructions im Chemieunterricht

Der Einsatz digitaler Medien sowie die Konzeption digitaler Materialien, insbesondere von Augmented Reality, im Chemieunterricht bedarf natürlicherweise einer didaktischen Planung (Marquardt et al., 2020). Besonderes Augenmerk wurde auf verschiedene Aspekte der unterrichtlichen Einbindung und die damit verbundene Einordnung der Materialien in das CAMR-Modell (Huwer et al., 2019b) gelegt, welches in Anlehnung an das SAMR-Modell von Puentedura (2006) entwickelt wurde. Diese methodische Implementierung stellt die verschiedenen Betriebsarten digitaler Medien abseits des Status quo dar: CONSERVATION (Beibehalten) der vorherrschenden Methode mit analogen Medien, AUGMENTATION (Erweitern) bestehender Methoden mit Hilfe innovativer Ansätze durch den Einsatz digitaler Techniken, MODIFICATION (Verändern) der Methode, die das wesentliche Design der Aufgabe charakterisieren und REDEFINITION (Neudefinieren), bei denen verschiedene Anwendungen Aufgaben ermöglichen, die bisher nicht möglich waren. Im Fall der hier vorgestellten MEI handelt sich danach um eine Erweiterung der vorherrschenden Methode (bisher: analoge Versuchsanleitung mit analogen, lehrerzentrierten, individuellen Hilfestellungen) durch digitale Informationen mit Hilfe der AR on-Demand Technologie. Somit können die Materialien zum selbständigen Erkenntnisgewinn beim Experimentieren im Chemieunterricht eingesetzt werden und somit zu einem erhöhten Kompetenzerwerb führen.

Ausblick

In einer Studie mit circa 200 Schüler*innen aus 10 Klassen der Klassenstufe 10 des Gymnasiums werden in einem 2x2x2-Design die beiden entwickelten Materialien (digital erweitert vs. volldigital) gegen eine vollständig analoge Variante des Experimentierens und des Feedbacks bzw. Reflexion getestet. Hierbei werden Selbstregulationsaspekte, wie Kognition, Motivation und Metakognition besonders betrachtet. Diese Studie befindet sich in der Vorbereitung der Hauptphase, nachdem der Prätest die besonderen Umgangsweisen mit der Technik verifiziert hat und spezifische Erweiterungen der AR und iBook-Umgebung ergeben hat soll nun die Lernwirksamkeit der oben beschriebenen Materialien untersucht werden.

Literatur

KMK (2017) Bildung in der digitalen Welt—Strategie der Kultusministerkonferenz. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/ Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf

Huwer, J., Lauer, L., Seibert, J., Thyssen, C., Dörrenbächer-Ulrich, L., & Perels, F. (2018). Re-Experiencing chemistry with Augmented Reality: New possibilities for individual support. World Journal of Chemical Education, 6(5), 212-217. doi: 10.12691/wjce-6-5-2

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6(6), 763-772. doi:10.12691/education-6-6-27

Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. World Journal of Chemical Education, 6(3). 124-128. DOI: 10.12691/wjce-6-3-4

Huwer, J., Irion, T., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Transformation of Science Education in the Age of Digitalization in Germany - Consequences for primary, secondary and teacher education. World Journal of Chemistry Education.

Huwer, J., Seibert, J., & Brünken, J. (2018) Multitouch Learning Books als Versuchsanleitungen beim Forschenden Experimentieren am Beispiel von Süßungsmitteln. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 2018(03),181-186.

Marquardt, M., Seibert, J., Lauer, L., Lang, V., Peschel, M. & Kay, C. W. M. (2020). AR als Werkzeug: Verknüpfung des PSE mit dem Bohr'schen Atommodell. In C. Maurer (Ed.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (GDCP Tagungsband). Regensburg.

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 31–48). Cambridge: Cambridge UP.

Puentedura, R. R. (2006). Transformation, Technology, and Education http://www.hippasus.com/resources/tte/ (Abgerufen am 27.09.2019)

Seibert J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2019a). Multitouch Experiment Instruction for a Better Learning Outcome in Chemistry Education,World Journal of Chemical Education (angenommen)

Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Perels, F., Kay, C.M.W., Huwer, J. (2019b). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book, World Journal of Chemical Education (Eingereicht)

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., & Huwer, J. (2019c). Potenzial für "mehr Tiefe" - Augmented Reality im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Computer + Unterricht, 114*, 32-34.

Seibert, J., Huwer, J. & Kay, C. W. M. (2019) - EXPlainistry - Documentation, explanation and visualization of chemical experiments supported by ICT in schools. Journal of Chemical Education. doi: 10.1021/acs.jchemed.8b00819.

Ulrich, N., & Huwer, J. (2017). Digitale (Schul-)Bücher – Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (pp. 63-71). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Weinberger A. (2018) Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologie-unterstützten Lernens. In: Ladel S., Knopf J., Weinberger A. (eds) Digitalisierung und Bildung. Springer VS, Wiesbaden

Vanessa Lang[1]
Johann Seibert[1]
Matthias Marquardt[1]
Luisa Lauer[1]
Markus Peschel[1]
Franziska Perels[1]
Christopher W. M. Kay[1]
Johannes Huwer[2]

[1]Universität des Saarlandes
[2]Pädagogische Hochschule Weingarten

Augmented Reality Lab License 2.0

Einleitung

Digitale Medien sind aus der heutigen Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Diesen Trend erkannte auch die Kultusministerkonferenz (KMK) und reagierte im Jahr 2017 darauf mit der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“, welche die „Kompetenzen in der digitalen Welt“ beinhaltet. Jedes Fach soll demnach mit fachspezifischen Inhalten verschiedene Aspekte der Medienbildung schulen, um die Schüler*innen zu kompetenten Individuen in der digitalen Welt zu erziehen. In der Formulierung der KMK klingt die Notwendigkeit einer didaktischen Einbettung digitaler Medien in den Unterricht bereits an, in der Realität werden diese häufig zum Selbstzweck eingesetzt. Im folgenden Artikel soll nun eine Möglichkeit aufgezeigt wer-den, wie Augmented Reality als Vertreter digitaler Medien didaktische reflektiert im Unter-richt verankert werden kann.

Augmented Reality Lab License

Beim Arbeiten im Labor müssen einige Regeln beachtet werden. An dieser Stelle setzt der Laborführerschein an: Vor ihrem ersten Laborbesuch erkunden die Schüler*innen zunächst das Labor vor dem Hintergrund, sich mit den Besonderheiten des Arbeitens im Labor vertraut zu machen. Traditionell findet häufig eine Sicherheitsbelehrung in Form eines Vortrags oder eines fragend-endwickelnden Gesprächs statt, sodass die Schüler*innen hauptsächlich in eine passive, rezipierende Rolle gedrängt werden. Nach der Idee der Schülermitbeteiligung (Obst & Sommer, 1999) wird im Zuge des konzipierten Laborführerscheins die Aktivität in Rich-tung der Schüler*innen verschoben. Dies fußt in der Erkenntnis (Obst, Sommer, in Pfeifer, Lutz und Bader, 2002), dass sich Wissen und Können nicht durch Passivität von dem Lehren-den auf die Lernenden übertragen lässt, sondern die Schüler*innen sich selbst Wissen aneig-nen und es in ihre eigenen Wissensstrukturen integrieren müssen. Die inhaltliche Ausarbei-tung des Laborführerscheins orientiert sich an der „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ (KMK, 1994). Dort (S.14) werden die folgenden Sicherheitsaspekte genannt:

„Die Schülerinnen und Schüler sind zu informieren über

- *Lage und Bedienung der elektrischen Not-Aus-Schalter und des zentralen Gas-Haupt-hahnes,*
- *vorhandene Löscheinrichtungen (Feuerlöscher, Löschsand und ggf. Löschdecke),*
- *Lage und Bedienung der Augennotduschen,*
- *Fluchtwege bzw. einen bestehenden Rettungsplan.*

[…] Die Lehrkraft hat dafür zu sorgen, dass Schülerinnen und Schüler persönliche Schutzausrüstungen (Schutzbrillen, Schutzhandschuhe) tragen, falls das Experiment oder das Verfahren es erfordert.“

Auf Grundlage dessen umfasst der Laborführerschein sechs Stationen. Diese sechs Stationen tragen die Titel: „Gebots- und Verbotsschilder“, „Feuerlöscher“, „Fluchtweg“, „GHS-Gefahrensymbole“, „Rettungszeichen“ (Huwer & Seibert, 2018) und „Gasbrenner“. Genauere Informationen zu den Inhalten und dem Aufbau der Stationen werden im folgenden Abschnitt angefügt. Zuvor werden allgemeine Konzeptionsgrundsätze der Augmented Reality Lab License vorgestellt. In Anlehnung an Mayer's Cognitive Load Theory of Multimedia Learning (2005) zeichnen sich alle Augmented Reality-Umgebungen durch ihren ähnlichen Aufbau und die räumliche Nähe der Informationen zu den betreffenden Symbolen aus. Dadurch wird der Split-Attention Effekt minimiert und in Form einer Overlay-Attention produktiv genutzt. Um zusätzlich den Extraneous Cognitive Load (Sweller, 2010) so gering wie möglich zu halten und mehr Raum im Arbeitsgedächtnis zum Aufbau neuer Wissensstrukturen zu lassen (Germane Cognitive Load), ist jede Station in sich gleich aufgebaut: Die Schüler*innen starten mit einer Vermutung zu den einzelnen Symbolen, erkunden dann mit der Augmented Reality (AR) die tatsächliche Bedeutung und notieren diese als letzten Schritt. Damit zeigt sich eine weitere Funktion der AR: Sie dient hier auch als Kontrollinstrument. Um die AR in der oben genannten Form zu nutzen, erhalten die Schüler*innen auf ihrem Weg durch das Labor neben einem analogen Übersichtsblatt, welches der langfristigen Sicherung der Ergebnisse dient, auch ein iPad, welches mit der AR-fähigen App ausgestattet ist.

Die Stationen der Lab License 2.0

Die erste Station beschäftigt sich mit den Gebots- und Verbotsschildern am Eingang des Labors. Die Schüler*innen notieren sich ihre Vermutungen zu den Symbolen „Zutritt für Unbefugte verboten“, „Essen und Trinken verboten“, „Rauchen verboten“ und „Tragen einer Schutzbrille“ auf ihren analogen Laufzetteln. Anschießend entnehmen Sie der AR die entsprechenden Informationen und notieren diese ebenfalls. Die AR zur ersten Station ist schlicht gehalten, um die wichtigsten Informationen schnell zu erfassen. So werden ausschließlich ein Verbalisieren der Bedeutung des Schildes, eine kurze Beschreibung des Sachverhalts und ein Video zu den wichtigsten Laborregeln in der AR um das Objekt positioniert. Zusätzlich wird in an dieser Station der Unterschied zwischen den blauen und roten Schildern als Gebots- und Verbotsschilder herausgestellt. Diese Tatsache wird den Schüler*innen allerdings nicht durch die AR vorgegeben, sondern an dieser Stelle müssen die Lernenden selbst aktiv werden und sich tiefer mit dem Sachverhalt auseinandersetzen.

Die zweite Station behandelt das Thema Feuerlöscher. Hierbei ist es zunächst wichtig, die Schüler*innen dafür zu sensibilisieren, dass verschiedene Brände auch unterschiedlicher Löschmittel bedürfen. Dies wird durch ein Video realisiert, welches in der AR um das Symbol arrangiert wird. Darüber hinaus erhalten die Schüler*innen in einem weiteren Video Hinweise zur sachgemäßen Anwendung eines Feuerlöschers. Alle erhaltenen Informationen sichern die Lernenden währenddessen auf ihren Arbeitsblättern. Ein weiterer Aspekt, welche das sichere Arbeiten im Labor betrifft, ist die Kenntnis des Fluchtwegs. Erste Anhaltspunkte liefern diesbezüglich die Hinweisschilder selbst. Darüber hinaus ermöglicht die AR zu dieser Station eine Wahrnehmung des gesamten Fluchtwegs. Dies geschieht sogar nach dem Multimodalitäts-Prinzip nach Mayer (2005) in Form eines statischen Lageplans und eines dynamischen Videos. Dadurch werden verschieden Lerntypen (Präferenz in statischen vs. Dynamischen Darstellungsformen) unter den Schüler*innen angesprochen. Beim Notieren der Ergebnisse auf das Aufgabenblatt wird neben der Skizze eine Beschreibung des Fluchtwegs verlangt, sodass sich die Lernenden in mit der Situation auseinandersetzten. Die Stationen vier und fünf zu den GHS-Symbolen und den Rettungszeichen sind von ihrem Grundaufbau identisch, weshalb sie nun gemeinsam beschrieben werden. Bevor die Schüler*innen mit der AR die Symbole erkunden, notieren sie zunächst ihre Vermutungen. Dann überprüfen sie diese mit den Beschreibungen in der Augmented Reality. Zuletzt ergänzen die Lernenden die tatsächlichen Aussagen

der Symbole auf den Arbeitsblättern. Zum sicheren Arbeiten im Labor zählt auch der souveräne Umgang mit einem Gasbrenner. Mit diesem Sachverhalt beschäftigt sich die letzte Station. Die Schüler*innen notieren zunächst die Bedienungsschritte ausgehend von einem augmentierten Video. Anschließend üben die Schüler*innen diese Handgriffe unter Aufsicht ein. Wichtig ist es dabei auch, auf die verschiedenen Flammentypen einzugehen. Die rauschende und leuchtende Flammen unterscheiden sich nicht bloß optisch, sondern auch in ihrer Temperatur, weshalb sie zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden. Diesen Sachverhalt zu kennen ist wichtig für die Lernenden, um später kompetent mit dem Brenner umgehen zu können.

Abb.1 Hauptmenü zu den Stationen 1: Gebots- und Verbotsschilder (l.) und 3: Fluchtweg (r.)

Didaktische Begründung zum Einsatz von AR bei der Lab License

Da das praktische Experimentieren durch Schüler*innen in den Lehrplänen explizit verlangt wird, findet sich dort ebenfalls die Notwenigkeit einer Sicherheitsunterweisung. So wurde der Fokus in diesem Fall auf die Arbeit in Kleingruppen und einen möglichst hohen Grad an Selbstständigkeit auf Schüler*innenseite gelegt. Bei der Darstellungsebene war es wichtig, dass die Informationen in unmittelbarer Nähe zu den Objekten angezeigt werden, um den Lernenden das Erkunden zu ermöglichen. Außerdem soll die AR-Umgebung nach dem Kohärenz-Prinzip (Mayer, 2005) ausschließlich essentielle Informationen darbieten. Der Laborführerschein wird im Unterricht vor den ersten praktischen Experimentierversuchen der Schüler*innen verortet.

Sprachförderung im Chemieunterricht mit Hilfe von Augmented Reality

Im Chemieunterricht dient die chemische Fachsprache als hauptsächliches Kommunikationsmittel zwischen Lehrendem und Lernenden (Hallpap, Klein & Lux, 2002). Es ist daher essentiell im Fachunterricht Wert auf eine saubere Begriffsbildung zu legen. Außerdem steigt die Bedeutung der englischen Sprache in der heutigen globalisierten Gesellschaft stetig an. Um diese beiden Aspekte miteinander zu verbinden, wurde die Augmented Reality Lab License 2.0 zusätzlich bilinguale Aspekte zugefügt. Die Materialien waren in dieser Version vollständig in englischer Sprache verfasst. Da in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit von Sprachhilfen umso wichtiger wurde, wurde die AR um Vokabellisten und Umschreibungen zu bestimmten Begriffen erweitert.

Fazit

Um Augmented Reality zum Lernen im Unterricht sinnvoll einzusetzen, bedarf es einiger Vorüberlegungen. Sind diese allerdings gut durchdacht, bieten AR-Lernumgebungen wie in diesem Beispiel die Möglichkeit, Lernsituationen mit mehr Schüleraktivität anzureichern. Zusätzlich kann durch Augmented Reality ein fachsprachlicher und bilingualer Aspekt dem Lernen hinzugefügt werden.

Literatur

Hallpap, P., Klein, O. & Lux, F. (2002) Fachsprache im Chemieunterricht. In: Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (Hrsg.) *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (S. 73-89). München, Düsseldorf, Stuttgart: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH

Huwer, Johannes & Seibert, Johann. (2018). A New Way to Discover the Chemistry Laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. World Journal of Chemical Education. 9. 124-128. 10.12691/wjce-6-3-4.

KMK. (2017). Bildung in der digitalen Welt- Strategie der Kultusministerkonferenz. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf

KMK (1994) Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf

Mayer, M. A. & Schmidt, R. (Hrsg., 1999) Schülerbeteiligung im Fachunterricht. Hamburg und Halle.

Mayer, R. E. (2005b). Cognitive theory of multimedia learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 31–48). Cambridge: Cambridge UP.

Obst, H. & Sommer, K. (2002) Prinzipien der Stoffauswahl und -anordnung. In: Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (Hrsg.) *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (S. 168-180). München, Düsseldorf, Stuttgart: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH

Sweller, J. (2010) Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In: Plass, J., Moreno, R. & Brünken, R. (Hrsg.) *Cognitive Load Theory*. (S. 29- 47) Cambridge: Cambridge University Press

Mathias Ropohl[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Jenny Meßinger-Koppelt[2] [2]Joachim Herz Stiftung

Lehren und Lernen mit digitalen Medien in Schule & Hochschule

Digitale Medien für das Lehren und Lernen zu nutzen, ist nicht neu. Doch durch Tablet, Smartphone, Cloud und Co. haben sich in den letzten Jahren neue Möglichkeiten für das Lehren und Lernen ergeben – insbesondere auch in den naturwissenschaftlichen Fächern. Mit den Möglichkeiten gehen neue Herausforderungen einher: Wie sieht eine zielgerichtete Nutzung digitaler Medien im Lehr-Lern-Prozess aus? Wie können Lehrkräfte geeignet fortgebildet werden? Wie gelingt eine adäquate Lehramtsausbildung? Wie können Schulen bei der Digitalisierung unterstützt werden? Und welche Kompetenzen benötigen die Lernenden beim Medieneinsatz? Spätestens seit der Verabschiedung des DigitalPakts Schule hat die Dringlichkeit weiter zugenommen Antworten auf diese Fragen zu finden, auch aus fachdidaktischer Perspektive. Das Postersymposium „Lehren und Lernen mit digitalen Medien in Schule und Hochschule“ zeigte einerseits exemplarische Ansätze für das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in Schule und Hochschule mit Fokus auf potenziellen Einsatzszenarien und thematisierte andererseits die Evaluation des Medieneinsatzes und die Wirkungen bestimmter Medien hinsichtlich des Lehrens und Lernens.

Ausgangslage

Die Strategie der Kultusministerkonferenz zur „Bildung in der digitalen Welt“ fordert die Vorbereitung (angehender) Lehrkräfte auf die Nutzung digitaler Medien im Unterricht (KMK, 2016). Da das Lehren und Lernen mit digitalen Medien als integraler Bestandteil aller Unterrichtsfächer beschrieben wird, müssen sich (angehende) Lehrkräfte fachspezifische Einsatzzwecke von digitalen Medien in ihren jeweiligen Fächern aneignen. In diesem Zusammenhang gilt es die jeweils spezifischen Möglichkeiten eines Mediums im Hinblick auf das Lehren und Lernen zu reflektieren. Außerdem sind Lehrformate für den Aufbau entsprechender Kompetenzen der (angehenden) Lehrkräfte zu entwickeln. Darüber hinaus gilt es ganz grundsätzlich die Ausstattung von Lernorten mit Medien sowie Effekte bestimmter Medien beim Lernen zu untersuchen. In diesem Klammerbeitrag werden zur Einführung in das Thema des Symposiums beispielhaft Schlaglichter auf diese wichtigen Themenaspekte geworfen.

Lehren und Lernen mit digitalen Medien

Nach Petko (2014) können digitalen Medien fünf unterschiedliche Funktionen beim Lehren und Lernen zukommen: (1) Medien als Informations- und Präsentationsmittel, (2) Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben, (3) Medien als Werkzeuge und Arbeitsmittel, (4) Medien zur Lernberatung und Kommunikation und (5) Medien zur Prüfung und Beurteilung. Welche konkreten Funktionen einem Medium zugeschrieben werden können, hängt zum einen von dem Medium selbst aber auch von dessen Einbindung in eine Lerngelegenheit ab (Lindmeier, 2018; Schwanewedel, Ostermann & Weigand, 2018). Ferner hängt die konkrete Funktion auch vom jeweiligen Fach ab, in dem das Medium eingesetzt wird. Kerres (2016) spricht in diesem Zusammenhang von „Bildungs(arbeit) mit digitalen Medien“, um deutlich zu machen, dass das Lehren und Lernen mit digitalen Medien keinen Selbstzweck erfüllt. Bildung findet immer noch im Fach statt und muss folglich fachliche Bildungsziele adressieren, die auch beim Einsatz digitaler Medien berücksichtigt werden müssen. Kuhn, Ropohl und Groß (2017) heben hervor, dass digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht aufgrund ihrer Multimodalität und Multicodalität sowohl neue und alternative Zugänge zu fachlichen

Inhalten als auch aufgrund ihrer Interaktivität neue Möglichkeiten der Auseinandersetzung mit fachlichen Prozessen und Zusammenhängen bieten können.
Ein fachdidaktischer Mehrwert kann dabei zum einen aus kognitionspsychologischer Perspektive und zum anderen aus unterrichtsorganisatorischer Perspektive begründet werden. Aus kognitionspsychologischer Perspektive kann beispielsweise die Kombination unterschiedlicher externer Repräsentationen lernförderlich sein und gerade durch digitale Medien erst möglich werden (z. B. Ainsworth, 2006; Höffler & Leutner, 2007). Aus unterrichtsorganisatorischer Perspektive können digitale Medien bei der Durchführung von Lehr-Lern-Methoden eingesetzt werden, beispielsweise zur sozialen Interaktion beim Lernen in kooperativen Lernszenarien (Kerres, 2013).
Aktuelle Befunde zur Nutzung von digitalen Medien im Unterricht speziell für den MINT-Bereich legen jedoch nahe, dass ein hohes Entwicklungspotenzial festgehalten werden kann und dass Lehrkräfte offensichtlich das Potenzial von digitalen Medien für das Lehren und Lernen noch nicht ausschöpfen (Eickelmann, Lorenz & Endberg, 2017).

Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung von Medien
Die Einführung digitaler Medien in Schulen erfordert entsprechende fach- und mediendidaktische Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte. Einen Ansatz zur Modellierung der Kompetenzen von Lehrkräften beim Medieneinsatz bietet das sogenannte TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006). Das Modell definiert neben den von Shulman (1986) beschriebenen Facetten des Professionswissens von Lehrkräften, die Facette des technologischen Wissens. Technologisches Wissen wird als Wissen über die Bedienung und Nutzung digitaler Technologien definiert. Aus den Überschneidungsbereichen zwischen diesen Facetten leiten die Autoren des Modells das mediendidaktische Wissen (technological pedagogical content knowledge, TPCK bzw. TPACK) ab. Dieses wird definiert als das Wissen einer Lehrkraft über das Unterrichten spezifischer Inhalte unter Zuhilfenahme digitaler Medien, die das Lernen von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen affektiven und kognitiven Voraussetzungen am besten unterstützen (Angeli, Valanides & Christodoulou, 2016). Deutlich wird hier die enge Verknüpfung von fachdidaktischen und mediendidaktischen Kompetenzen. Eine empirische Prüfung des Modells steht bisher aus. Offen ist ferner, wie die geforderten Kompetenzen bei zukünftigen Lehrkräften im Rahmen der Lehreraus- und -weiterbildung aufgebaut werden können.

Überblick über die Ziele des Postersymposiums
Vor dem beschriebenen Hintergrund hatte das Postersymposium zwei Ziele:
Das erste Ziel ist die Präsentation von Arbeiten aus dem Bereich der Lehrerbildung. Kern dieser Projekte ist die Entwicklung von Konzepten und Methoden, die im Rahmen der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften eingesetzt werden können, um Kompetenzen zum Medieneinsatz in den MINT-Fächern aufzubauen. Auf den Postern der Projekte wurden innovative Lehr-Lern-Gelegenheiten für angehende Lehrkräfte präsentiert, die in den nachfolgenden Tagungsbandbeiträgen skizziert werden.
Das zweite Ziel nimmt stärker die Evaluation entsprechender Konzepte in den Blick. In zahlreichen Untersuchungen werden die Bedingungen aber auch die Effekte des Medieneinsatzes im MINT-Bereich sowohl im Schul- wie auch im Hochschulbereich analysiert. Präsentiert wurden Poster aus dem Bereich der empirischen fachdidaktischen Forschung. Neben Ergebnissen aus Befragungen von Lehrkräften und der Analyse von Unterrichtsvideos stand die Förderung konkreter Kompetenzen im Fokus.
Auf beide Zielsetzungen wird in den nachfolgenden Beiträgen des Symposiums detailliert eingegangen.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. Learning and Instruction, 16 (3), 183–198.

Angeli, C., Valanides, N. & Christodoulou, A. (2016). Theoretical considerations of technological pedagogical content knowledge. In M.C. Herring, M.J. Koehler & P. Mishra (Hrsg.), Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators. New York & London: Routeledge, 11–30.

Eickelmann, Lorenz & Endberg (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), Schule digital – der Länderindikator 2017. Münster: Waxmann, 231–260.

Höffler, T.N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. Learning and Instruction 17 (2007), 722–738

Kerres, M. (2016). E-Learning oder Digitalisierung in der Bildung: Neues Label oder neues Paradigma? Grundlagen der Weiterbildung – Praxishilfen, 7.30.10.80, 159–171.

Kerres, M. (2013). Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. München: Oldenbourg Verlag.

KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Berlin: KMK.

Kuhn, J., Ropohl, M. & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 11–32.

Lindmeier, A. (2018). Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht? Ein Forschungsüberblick aus fachdidaktischer Perspektive. In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 55–97.

Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108(6), 1017-1054.

Petko, D. (2014). Einführung in die Mediendidaktik – Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Weinheim & Basel: Beltz.

Schwanewedel, J., Ostermann A. & Weigand, H.-G. (2017). Funktionale Variabilität von Medien als besondere Herausforderung. In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 14–37.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4–14.

Timo Fleischer[1]
Simone Maier[1]
Ines Deibl[1]
Stephanie Moser[2]
Alexander Strahl[1]
Jörg Zumbach[1]

[1]Universität Salzburg
[2]Technische Universität München

Innovative Experimentierboxen für den Chemie- und Physikunterricht

Die EXBOX im Chemie- und Physikunterricht

Im Rahmen des Projektes EXBOX-Digital soll die Wirksamkeit digitaler Medien anhand für den Chemie- und Physikunterricht erstellter digitaler Experimentierboxen (EXBOX) überprüft werden. Diese EXBOXen sind im Sinne eines moderat konstruktivistischen Ansatzes konzipiert (Diut, 1995; Mandl, Gruber & Renkl, 2002) und beinhalten ein adaptives Web-Based-Training (WBT) sowie reale SchülerInnenexperimente, bei denen die SchülerInnen durch gestufte Lernhilfen, z.B. Augmented Reality (AR), Lernvideos und/ oder Bilder, beim Experimentieren unterstützt werden. Die digitalen Lernhilfen sollen eine Überforderung der SchülerInnen vermeiden (Stäudel & Wodzinski, 2010) und vor allem schwächere SchülerInnen fördern. Die EXBOX bildet also eine Kombination aus WBT und realen SchülerInnenexperimenten, welche passend zum fachlichen Thema des WBT gestaltet sind.

Zielgruppe der EXBOX sind insbesondere Lernende mit niedrigen schulischen Kompetenzen. Gerade diesen SchülerInnen kann das eigenständige und selbstregulierte Lernen Schwierigkeiten bereiten (Bannert, 2009). Damit auch diese Lernenden vom selbstständigen Lernen profitieren, sollte eine Balance zwischen Instruktion von Lehrenden und Eigenständigkeit der Lernenden herrschen (Duit, 1995; Mandl, Gruber & Renkl, 2002). Die Metaanalyse von Stockard, Wood, Coughlin und Rasplica Khoury (2018) zeigt, dass insbesondere die Direkte Instruktion (DI) in verschiedenen Disziplinen und über verschiedene Maße des Lernerfolgs effektiv ist. Dabei ist wichtig, dass bei der DI nicht einzig und allein die lehrende Person aktiv ist und Lernen nicht als rein passiver Aufnahmeprozess verstanden wird. Die DI ist im Gegenteil bemüht den Leistungsstand der LernerInnen genau zu ermitteln und darauf aufbauend neue Inhalte zu vermitteln, welche auf bereits vorhandenem Wissen aufbauen. Grob zusammengefasst geht es hierbei um eine Art des „Mastery Learning“ (Stockard et al., 2018). Gerade adaptive Lernumgebungen, wie beispielsweise das Web-Based-Training (WBT) der EXBOX, bieten die Möglichkeit auf die/den jeweilige/n SchülerIn zugeschnittene Instruktionen anzubieten, den Fortschritt zu diagnostizieren und bei Bedarf zusätzliche Fördermaßnahmen bereitzustellen (vgl. Leutner, 1992).

Neben der DI ist das Forschende Lernen (Inquiry Learning) ein gängiges Lehrkonzept in den Naturwissenschaften bzw. dem naturwissenschaftlichen Unterricht (Eckhardt, Urhahne, Conrad, & Harms, 2013; Pfeifer, Lutz & Bader, 2002). Im Chemie- bzw. Physikunterricht ist das Experiment ein zentrales Element des forschenden Lernens (Pfeifer et al., 2002). Insbesondere „Microscale–Experimente“ (SchülerInnenexperimente im kleinen Maßstab) eignen sich hier für den Unterrichtseinsatz, da diese explizit für das eigenständige Experimentieren der SchülerInnen konzipiert wurden. Wesentliche Kompetenzen beim Experimentieren, welche im Rahmen der EXBOX fokussiert werden, sind der Aufbau, das Durchführen, die genaue Beobachtung und die Auswertung des Experiments (Maiseyenka, Schecker & Nawrath, 2013). Zur Unterstützung beim Aufbau, der Durchführung und der Beobachtung wurden für die Experimente der EXBOX gestufte, digitale Lernhilfen konzipiert, die die SchülerInnen je nach Bedarf einsetzen können. Dies sind beispielsweise

AR-Inhalte zum Experimentaufbau oder Lernvideos/ Bilder zur Durchführung und der Beobachtung des Experiments. Sowohl das WBT als auch die digitalen Experimentierhilfen werden mit dem Tablet angesteuert und angeschaut. Wie oben beschrieben, nutzt die EXBOX also eine Kombination aus DI im Web-Based-Training und forschendem Lernen beim Experimentieren, um insbesondere die SchülerInnen mit niedrigen schulischen Kompetenzen, im Sinne des moderat konstruktivistischen Ansatzes, bestmöglich zu fördern.

Usability Studie zum EXBOX-Thema Redoxreaktionen

Um die erste Prototypen-EXBOX zum Thema Redoxreaktionen in der Chemie zu testen, wurde im Juni 2019 eine Usability-Studie an einer Neuen Mittelschule (NMS) in Salzburg durchgeführt. Diese Studie hat die Usability des konzipierten WBT zum Thema Redoxreaktionen fokussiert. Teilgenommen haben an dieser Studie 10 SchülerInnen, von denen fünf weiblich und fünf männlich waren. Im Durchschnitt waren die SchülerInnen 14 Jahre und gingen in die vierte Klasse (8 Jahrgangsstufe) der NMS (siehe Tab. 1).

	N
Probanden	10
weiblich	5
männlich	5
Alter	*M* = 14,20 *SD* = 0,42
Jahrgangsstufe	8
Fach	Chemie
Thema	Redoxreaktionen

Tab. 1 Stichprobe der Usability-Studie

Erhoben wurde die Usability des WBT mit Hilfe des sogenannten User Experience Questionaires (UEQ), welcher für die Zielgruppe der SchülerInnen adaptiert wurde. Dieser umfasst die folgenden sechs Skalen, mit der die Usability erfasst wird (Laugwitz, Schrepp & Held, 2008):

- Attraktivität
- Effizienz
- Durchschaubarkeit
- Steuerbarkeit
- Stimulation
- Originalität

Jede Skala besteht dabei aus drei bis sechs Items, welche in Form von Gegensatzpaaren angeordnet sind. Die Auswertung hat eine zufriedenstellende Usability, bestehend aus den sechs bereits genannten Skalen, für das erste Prototypen WBT der EXBOX zum Thema Redoxreaktionen ergeben. Diese ist in Abbildung 1 dargestellt. Dargestellt sind die Mittelwerte der einzelnen Skalen. Der Wert $M = 5$ bedeutet eine maximale Attraktivität, Effizienz, Durchschaubarkeit, Steuerbarkeit, Stimulation und Originalität. Je geringer die Mittelwerte der Skalen, desto geringer ist entsprechend die Benutzerfreundlichkeit.

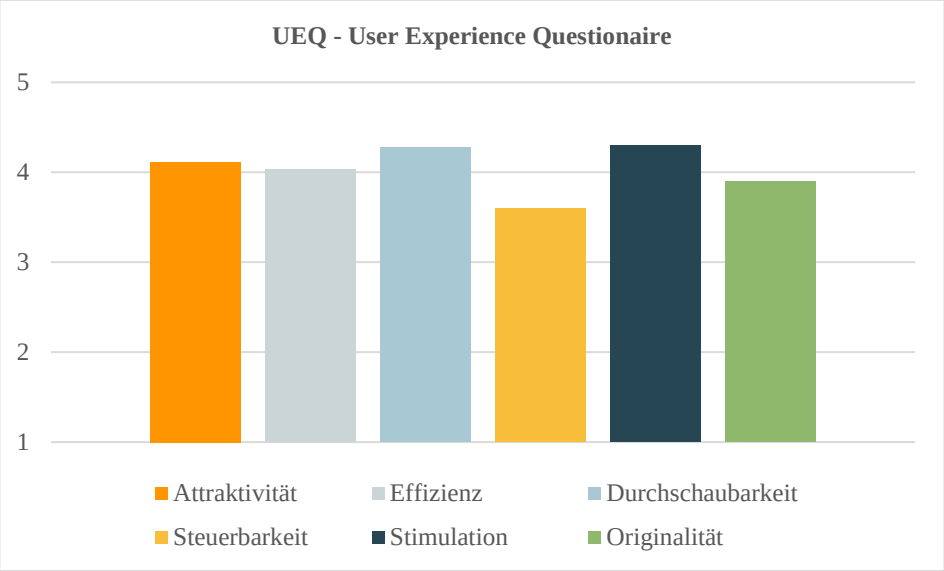


Abb.1 Benutzerfreundlichkeit des WBT zum Thema Redoxreaktionen

Die Skala Attraktivität nimmt beispielsweise den Wert M = 4,12 an, was dafür spricht, dass die SchülerInnen die Gestaltung des WBT als für sie sehr ansprechend einschätzen. Auch alle weiteren Skalen weisen Werte über 3,5 auf, was darauf hindeutet, dass die SchülerInnen beim Lernen mit dem WBT die Bediener- und Benutzerfreundlichkeit als sehr zufriedenstellend empfinden. Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, hat die Skala Steuerbarkeit den geringsten Wert. Dies ist damit zu erklären, dass die SchülerInnen innerhalb des WBT lediglich die Möglichkeit haben einen Weiter- sowie Start- und Stop-Button zu bedienen. Damit ist die Steuerbarkeit von Grund auf eingeschränkt, soll aber die möglichst einfache Bedienung des WBT gewährleisten. Eingeblendete Lernvideos innerhalb des WBT können aber bei Bedarf auch wiederholt angeschaut werden.

Ausblick

Auf Grundlage des WBT zum Thema Redoxreaktionen, werden von der Struktur her identisch aufgebaute WBTs für den Physikunterricht zu den Themen Mechanik und Optik und für den Chemieunterricht zum Thema Säure-Base-Reaktionen konzipiert und ebenfalls auf deren Usability getestet. Dabei werden die Ergebnisse der Usability-Studie zum Thema Redoxreaktionen berücksichtigt und die neu zu entwickelten WBTs entsprechend modifiziert.

Passend zu jedem Themengebiet aus der Chemie- und Physik werden zusätzlich jeweils drei SchülerInnenexperimente konzipiert, welche schließlich die jeweiligen EXBOXen komplettieren. Diese EXBOXen, bestehend aus WBT und dazu passenden Experimenten, werden in weiteren empirischen Studien auf ihren Beitrag zur Lernwirksamkeit sowie zur Experimentierkompetenz getestet.

Danksagung

Das Projekt „EXBOX-Digital“ wurde von der Robert Bosch Stiftung gefördert. Ein Dank gilt auch allen beteiligten Projektpartnern: Universität Salzburg, Technische Universität München, Pädagogische Hochschule Salzburg Stefan Zweig, NMS Praxisschule der Pädagogischen Hochschule Salzburg und Tobii Pro Eye Tracking.

Literatur

Bannert, M. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts: A discussion. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23(2), 139-145.

Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. Zeitschrift für Pädagogik 41(6), 905-923.

Eckhardt, M., Urhahne, D., Conrad, O., & Harms, U. (2013). How effective is instructional support for learning with computer simulations? Instructional Science, 41(1), 205-124.

Laugwitz, B., Schrepp, M., & Held, T. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In A. Holzinger (Ed.), HCI and Usability for Education and Work. (pp. 63-76). Springer: Heidelberg.

Leutner, D. (1992). Adaptive Lehrsysteme. Weinheim: Beltz.

Maiseyenka, V., Schecker, H. & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. PhyDid-A, 1(12), 1-17.

Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis (S. 138-148). Weinheim: Beltz.

Pfeifer, P., Lutz, B., & Bader, H. J. (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg.

Stäudel, L., & Wodzinski, R. (2010). Komplexität erhalten und gezielt unterstützen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In T. Bohl, K. Kansteiner-Schänzlin, M. Kleinknecht, B. Kohler, A. Nold (Hrsg.), Selbstbestimmung und Classroom-Management. Empirische Befunde und Entwicklungsstrategien zum guten Unterricht (S. 236-253). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Stockard, J., Wood, T. W., Coughlin, C., & Rasplica Khoury, C. (2018). The Effectiveness of Direct Instruction Curricula: A Meta-Analysis of a Half Century of Research. Review of Educational Research, 88(4), 479-507.

Christoph Stolzenberger Universität Würzburg
Nicole Wolf
Annika Kreikenbohm
Thomas Trefzger

Augmented Reality in der Lehramtsausbildung

Im Rahmen eines Universitätsseminars erhalten Studierende des Elitestudienganges MINT-Lehramt PLUS der Universität Würzburg Einblicke in die Möglichkeiten des Unterrichtens mithilfe von neuesten Medien. Sie beschäftigen sich dabei kritisch mit mediendidaktischen und -erzieherischen Themen und erhalten eine Einführung in die App-Programmierung mit Augmented-Reality(AR)-Inhalten. So stärken sie ihre eigene Medienkompetenz und erstellen im Prinzip ohne Vorkenntnisse innerhalb des Seminars eine eigene AR-Station zu einem Unterrichtsthema ihres Studienfachs. Im Folgenden wird der Aufbau des Seminars beschrieben und beispielhaft anhand des Themas „Sehvorgang im menschlichen Auge“ verdeutlicht.

Was ist Augmented Reality?
Erzeugt man ein Lernszenario mit Augmented Reality (AR = erweiterte Realität) wird die physikalische Realität weiterhin wahrgenommen und gezielt mit digitalen Informationen angereichert (Milgram & Kishino 1994). Dies kann unter bestimmten Bedingungen zu einer Verbesserung im Lernen beitragen (Bacca 2014, Radu 2014). So können nicht sichtbare Vorgänge bzw. Aspekte des Experiments durch computergenerierte Komponenten visualisiert werden. Dies kann im Bereich der Naturwissenschaften eingesetzt werden, um gezielt die Brücke zwischen Realexperiment und naturwissenschaftlichen Modellvorstellungen zu schlagen (vgl. Stolzenberger 2019).

Umsetzung des Seminars
Das semesterweise angebotene Seminar richtet sich an Studierende der Naturwissenschaften ab dem 5. Fachsemester und wird jedes Semester im Wahlpflichtbereich des MINT-Lehramt PLUS Studiengangs angeboten. Die Studierenden benötigen als Vorwissen einen Einblick in didaktische Konzepte ihres Fachs und methodische Kenntnisse zum Experimentieren im Unterricht. Je nach Programmierkenntnisstand sind im Laufe des Seminars dann einfachere oder komplexere Anwendungen möglich.

Für einen ganzheitlichen Ansatz werden im Seminar zunächst verschiedene Aspekte der medienpädagogischen Kompetenz (Blömeke, 2000) besprochen. Anhand von Beispielen soll so eine theoretische Grundlage für die spätere didaktische, methodische und technische Auseinandersetzung mit dem Thema geschaffen werden.

Um die Bedeutung des kritischen Umgangs mit Medien zu thematisieren wird in einem nächsten Schritt die Mediennutzung von Jugendlichen betrachtet und diskutiert, welchen Stellenwert Medienerziehung im Unterricht besitzen sollte. Dabei werden Themen wie die Sicherheit digitaler Kommunikationswege, Datenschutz, usw. angesprochen und verschiedene Unterrichtsmedien (Lern-Apps, digitale Schulbücher, VR/AR, usw.) didaktisch untersucht und zum Teil auch ausprobiert. Ziel der Einführung ist der Versuch die Frage zu beantworten, wie Medien gewinnbringend in den Unterricht integriert werden können.

Kernelement des Seminars ist im Folgenden die Umsetzung einer selbst erstellten AR-Applikation zu einem gewählten Unterrichtsinhalt des eigenen Studienfachs. Es bietet sich an hierfür ein Realexperiment zu wählen, welches zusätzlich zum im Experiment Sichtbaren den Schüler/innen einen gewissen Abstraktionsgrad abverlangt, da zu dessen Verständnis eine Modellvorstellung nötig bzw. zumindest hilfreich ist. Diese würde im klassischen Unterricht von der Lehrkraft im Anschluss an das Realexperiment diskutiert werden. Mithilfe von AR können Modellvorstellungen (und Änderungen im Modell bei Variation von Versuchsparametern) direkt mit dem Realexperiment visuell verknüpft werden und so potentiell zum besseren Verständnis beitragen.

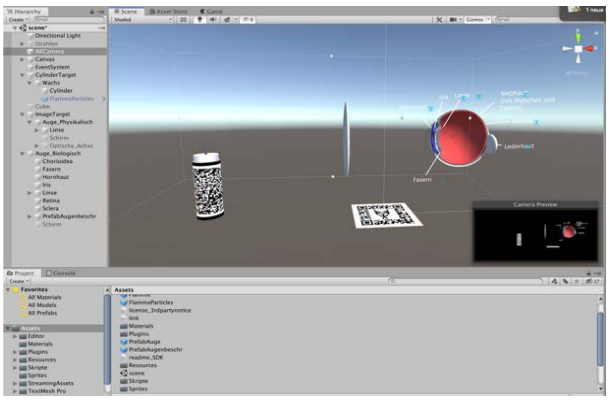


Abb. 1 Screenshot der Entwicklungsumgebung Unity.

Als Entwicklungssoftware wird die Gaming-Engine *Unity*[1] (vgl. Abbildung 1) gekoppelt mit der Tracking-Software *Vuforia*[2] verwendet. Beide sind für nicht gewerbliche Zwecke lizenzfrei und sehr gut online dokumentiert. Das Seminar wird als Blockveranstaltung realisiert und von einer Dozentin/einem Dozenten und zusätzlich einer wissenschaftlichen Hilfskraft begleitet. Letztere ist vor allem für die technische Unterstützung im Seminar sinnvoll. Hardwareseitig wird pro Gruppe/App ein Computer/Laptop mit *Unity* und *Android-Software Development Kit (SDK)* zur App-Entwicklung benötigt. Zum Testen der Apps erhält jede Gruppe ein Android-Tablet. Je nach Themengebiet sind weiterhin Materialien aus der entsprechenden Fachdidaktik-Sammlung zum Aufbau des Realexperiments nötig.

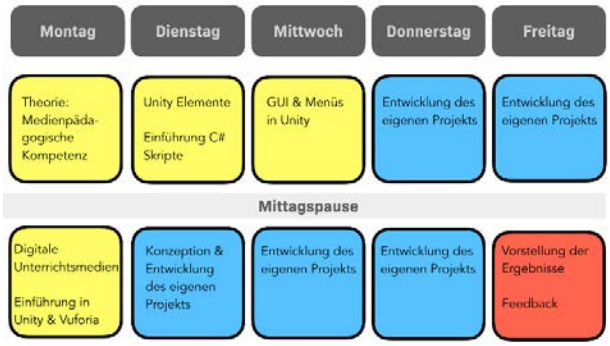


Abb. 2 Überblick über die Inhalte des Seminars (links): Theorie (gelb), Praxisphase (blau) und Projektabschluss (rot)

Die Studierenden werden technisch und gestalterisch soweit geschult, dass sie in der Lage sind, eine eigene AR-Applikation zu erstellen. Für ein im Vorfeld selbst gewähltes Lernszenario entwickeln die Studierenden zunächst ein didaktisches Konzept für ein AR-Experiment und setzen dieses im Anschluss unter Anleitung technisch um.

Der Aufbau des Seminars (vgl. Abbildung 2) beginnt mit den bereits beschriebenen Theorieeinheiten und der Schulung in der verwendeten Software. In der zweiten Hälfte des Seminars haben die Studierenden dann immer mehr Zeit

[1] https://unity3d.com/de/get-unity/download

[2] https://developer.vuforia.com/downloads/sdk

ihr eigenes Projekt zu entwickeln. Der Umgang mit der Software wird von den Studierenden zwar anfangs als sehr komplex beschrieben, am Ende des Seminars lag aber bisher in fast allen Fällen eine funktionierende Applikation vor, mit der die Studierenden zufrieden waren. Die recht offene und selbstständige Arbeitsweise im Seminar und die Möglichkeit die erstellte App später in der Schule auch einzusetzen wurde als positives Merkmal rückgemeldet. Neben der App-Erstellung ist es essentiell wichtig, sich vorab viele Gedanken über den gewünschten Lernkontext zu machen. Damit gilt es sicherzustellen, dass die App einen Mehrwert gegenüber dem reinen Realexperiment oder einer evtl. schon existierenden reinen Simulation besitzt. Erfahrungsgemäß liegen hier die größten Probleme seitens der Studierenden, was es nötig macht, sie an dieser Stelle eng zu begleiten. Falls möglich ist es sehr lehrreich, die entstandenen Apps direkt mit einer Schulklasse oder innerhalb der vom Lehrstuhl angebotenen Lehr-Lern-Labore zu testen (vgl. Elsholz & Trefzger 2017).

Im Rahmen des Seminars sind bisher verschiedene Applikationen in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Mathe, Physik, Chemie) entstanden. Im Folgenden soll die App zum Sehvorgang des menschlichen Auges exemplarisch vorgestellt werden.

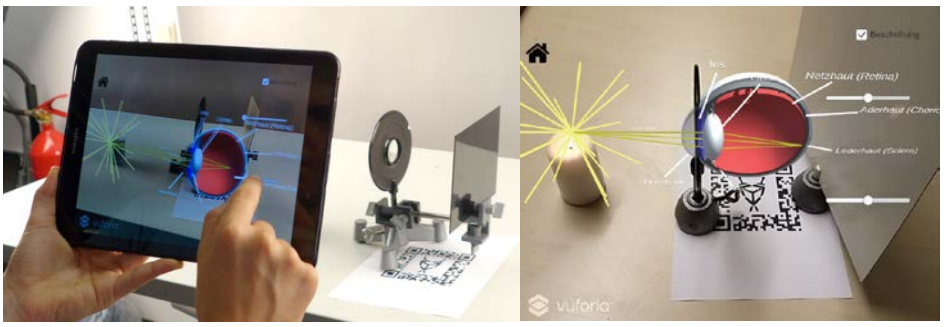


Abb. 1 Im Seminar entstandene Applikation zum menschlichen Sehvorgang. Dem entsprechenden Realexperiment wird das physikalische Strahlenmodell von Licht überlagert.

Applikation „Sehvorgang“

Ein Augenmodell – bestehend aus Linse und Schirm – wird mit dem physikalischen Strahlenmodell von Licht überlagert (vgl. Abbildung 3). Neben der Darstellung des menschlichen Auges visualisiert die AR-Anwendung den Strahlengang des Kerzenlichts und den physikalischen Brechungsvorgang beim Auftreffen auf die Augenlinse. Falls der durch die Linse hervorgerufene Fokuspunkt der Lichtstrahlen in der App nicht auf den Schirm (das heißt die Netzhaut) trifft, erkennt man dies im Realexperiment an einem unscharfen Bild. Was dort jedoch nicht erkennbar ist, visualisiert die Applikation: Grund für eine unscharfe Abbildung ist die Tatsache, dass der Fokuspunkt der optischen nicht auf der Netzhaut (dem Schirm) zu finden ist, sondern entweder davor oder dahinter. Die Existenz eines Fokuspunkts nach einer Sammellinse ist Teil des physikalischen Strahlenmodells, welches in diesem Fall direkt in Bezug auf das Realexperiment beobachtet werden kann. Im Realexperiment kann die unscharfe Abbildung durch eine Linse mit korrekter Brennweite korrigiert werden, welche zuvor in der Applikation über einen Schieberegler bestimmt worden ist. Diese sogenannte Akkommodation wird im menschlichen Auge durch eine veränderte Form der Augenlinse realisiert.

Literatur

Bacca, J., et al. (2014) Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, Bd. 17, 4, S. 133-149

Blömeke, S. (2000): Medienpädagogische Kompetenz: Theoretische und empirische Fundierung eines zentralen Elements der Lehrerausbildung, KoPäd - Verlag München

Elsholz, Markus & Trefzger, Thomas (2017). Professionalisierung durch Praxisbezug – Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 488). Universität Regensburg

Milgram, P., Kishino, F. (1994) A taxanomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information Systems. Bd. E77, D, S. 12

Radu, I. (2014) Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality: Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). S. 131-134.

Stolzenberger, Christoph, Wolf, Nicole, Böhm, Denise & Trefzger, Thomas (2019): Augmented Reality in der Lehramtsausbildung. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 584). Universität Regensburg

Isabel Schmoll[1] [1]Pädagogische Hochschule Weingarten
Christoph Thyssen[2] [2] Technische Universität Kaiserslautern
Christoph Vogelsang[3] [3]Universität Paderborn
Johannes Huwer[1]

LEHRE:digital– Online-Plattform zum Erwerb digitaler Lehrkompetenz

Auf Länder- und Bundesebene werden aktuell Bestrebungen intensiviert „*Kompetenzen und Bildung für die digitale Welt*“ in schulischen Bildungszielen konkret zu verankern (KMK, 2017). Gleichzeitig ist im Bereich der Lehrerausbildung auf universitärer Ebene jedoch ein Fehlen digitaler Kompetenzen bei NW-Lehramtsstudierenden, die meist selbst keine Erfahrungen im Lernen und Umgang mit digitalen Medien im Unterricht besitzen, zu beobachten (Vogelsang et al., 2019 & Thyssen et al., 2017). Es fehlen Kenntnisse und Kompetenzen sowohl in digitalen Grundlagenanwendungen (z.B. Tabellenkalkulationen, Grafikbearbeitungen), als auch in spezifischeren Anwendungsformen (z.B. Simulationen, Feedbacksysteme). Ferner existieren universitär häufig noch keine adäquaten Lehrveranstaltungen oder durchgängige „Mediencurricula“, die in z.B. fachdidaktische Ausbildungsgänge implementiert werden, was z.T. auch aus mangelnden Kenntnissen zum Umgang mit digitalen Medien (z.B. *augmented reality*) bei den Lehrerbildnern selbst resultiert. Es besteht daher ein hoher Bedarf an modularisierten Angeboten und Materialien, mit denen eine Integration dieser Inhalte in universitäre Lehrveranstaltungen auch für interessierte Lehrende möglich ist und die zudem ein strukturiertes Selbststudium unterstützen. Daher wurde mit der Plattform LEHRE:digital ein modulares Kurssystem geschaffen, welches vielen Aspekten der Lehrkräftebildung gerecht werden soll. Dieses wird nachfolgend beschrieben.

Ziele und Adressaten der Plattform

LEHRE:digital ist eine modulare Kursumgebung, welche es ermöglichen soll, in gestufter Form Grundlagenkompetenzen zum Umgang mit digitalen Medien mit Schwerpunkt im Kontext des Naturwissenschaftsunterrichts der Klassenstufe 5/6 zu fördern. Darunter fallen sowohl teilweise Aspekte der KMK-Standards (KMK, 2017) als auch Aspekte des digitalitätsbezogenen pädagogischen Inhaltswissen des DPaCK-Modells *(Digitality-related Paedagogical and Content Knowledge“ (Huwer, Irion, Kuntze, Schaal, & Thyssen, 2019),* die auch über die KMK-Standards hinausgehen, indem unter anderem auch Aspekte der Unterrichtsstrukturierung oder -vorbereitung einbezogen werden. Diese Module erlauben es angehenden Lehrkräften (Studierenden, Referendaren) aber auch aktiven Lehrkräften, den Umgang mit digitalen Medien fokussiert auf und für den NW-Unterricht zu erlernen bzw. einzuüben. Die Plattform ist dabei so angelegt, dass diese sowohl in Kontaktlehrveranstaltungen mit direkter Unterstützung eines Dozenten, als auch überregional als webbasierte Variante für das Selbststudium einsetzbar ist (entweder als in LV integrierte Einzelpakete zu einzelnen digitalen Medien bzw. Nutzungsformen oder als *blended learning*-Szenario). Ferner sind die Kurse auch im Selbststudium bearbeitbar.

Konzeptionsprinzipien

Das gesamte Kursangebot ist modular gestaltet, sodass einzelne Kurse individuell zusammengestellt werden können. Dies wird durch verschiedene Einstiegsnievaus in jedem Teilkurs gewährleistet, über die die TeilnehmerInnen auf dem Niveau der „Grundlagen-Kompetenzen“ oder „Für Fortgeschrittene“ beginnen können.
Ferner orientieren sich die Module an übergreifenden Gestaltungsprinzipien:

Die Kursinhalte beziehen sich auf fachdidaktische Anforderungssituationen der Schulpraxis, anhand derer der Umgang mit digitalen Medien und Werkzeugen in konkreten Kontexten erlernt wird; anders als bei reinen „Software/Hardware-Bedienungskursen“. Es steht also das Lehrprinzip des „learning technology by design” im Vordergrund (Tondeur et. al, 2012). Ferner sind die Ausgangspunkte immer konkrete Lehranforderungen aus dem Naturwissenschaftsunterricht für die Klassenstufen 5/6, sodass auf fachlich vergleichsweise „unkritischem“ Niveau auch Kursaufgaben für interdisziplinäre Kontexte erstellt werden (Biologie, Chemie, Physik). Dieses Niveau ermöglicht eine Fokussierung auf den Aufbau von professionellem DPaCK ohne zu große Herausforderungen im Fachlichen.
Damit die Nutzung im Selbststudium realisierbar ist, sind daher ausreichende Möglichkeiten für diagnostische Selfassessments und eigenständige Lernerfolgskontrollen eingebaut.
Zudem wurde darauf geachtet, dass nur kostenfreie – meist Plattform übergreifende - Software verwendet wird, um eine offene Zugänglichkeit und Nutzbarkeit der Plattform zu gewährleisten. Dennoch wurde auch in der Schullandschaft bereits etablierte Soft- und Hardware (z.B. iPad) berücksichtigt.

Inhalte von LEHRE:digital
Die Plattform hat zurzeit zwei öffentlich zugängliche Kurse:

Kurs A adressiert Aspekte der Aufbereitung und Darbietung von Inhalten. Dabei werden zentrale Medienbearbeitungen wie Audioaufnahme, Bildbearbeitung und Videoschnitt im fachlichen Kontext thematisiert. So ist es z.B. die Aufgabe innerhalb des Kurses, ein Arbeitsblatt zu erstellen und dafür ein Objekt auf einem Bild „freizustellen“, d.h. den Hintergrund zu entfernen. Eine besondere Rolle nehmen im Naturwissenschaftsunterricht Stop-Motion Filmsequenzen ein. Diese können z.B. in selbst erstellten Erklärvideos eingesetzt werden, um Teilchenbewegungen oder Reaktionen darzustellen – ohne dabei eine aufwändige (rein digitale) Animation zu verwenden (Seibert, Kay & Huwer, 2019, Huwer & Seibert, 2017). Im letzten Teilkurs wird die noch relativ neue Technologie der Augmented Reality fokussiert. Hier werden analoge Inhalte (z.B. ein Arbeitsblatt) mit digitalen Informationen überlagert und damit angereichert (Zimmer & Thyssen, 2017). Ein Vorteil dieser Technologie ist das zielgerichtete Angebot von Hilfestellungen genau an den Stellen, wo sie tatsächlich gebraucht werden (Huwer et. al, 2018). Andererseits können damit auch neue Lernszenarien, wie ein Laborführerschein erstellt werden (Huwer & Seibert, 2018) oder aber man reichert Experimentalvorschriften mit praktischen Unterstützungen wie Videos an (Seibert et. al, 2019).

Kurs B fokussiert vor allem die Lernorganisation und Aspekte der Klassenführung im Naturwissenschaftsunterricht und legt dabei besonderen Wert auf die individuelle und kollaborative Gestaltung von Lernprozessen (Huwer & Brünken, 2018). Die beiden Basiskurse beinhalten einerseits kollaborative Tafelbilder als Lernwerkzeuge und andererseits Grundlagen im Erstellen von Multitouch Learning Books, welche den digitalen Lernbegleitern angehören (Huwer, Bock & Seibert, 2018). Diese können sowohl als erweiterte Fassungen von eBook-Schülerbüchern (Ulrich & Huwer, 2017), wie auch als interaktive Experimentalanleitungen eingesetzt werden (Huwer, Seibert, Brünken, 2018). Für Fortgeschrittene gibt es einen Teilkurs, der Hypothesenabfragen vor der Versuchsdurchführung beim Experimentieren mithilfe der App „Plickers“ fokussiert. Ferner werden im nächsten Teilkurs für Fortgeschrittene die Multitouch Learning Books im Kontext des Themas „Stofftrennung“ mithilfe von interaktiven „Widgets“ erweitert und so noch mehr an die individuellen Bedürfnisse der Lernenden angepasst. Damit den (angehenden) Lehrkräften die Relevanz der jeweiligen Tools deutlich gemacht wird, startet jeder Kurs mit

Demovideos, welche die bisherige analoge Umsetzung des Unterrichtsszenarios zeigt und anschließend die digital unterstützte Variante einschließlich der Vorbereitungen, die dafür notwendig sind, demonstriert.

Abb. 1 Darstellung der Website mit den Teilkursen des Moduls B

Erfahrungen

Bisher wurde die Plattform sowohl in Kontaktlehrveranstaltungen mit Studierenden an der Universität als auch als Ergänzung bei Fortbildungen eingesetzt. Die Plattform erhielt bisher überwiegend positives Feedback.
Im Falle der Studierenden konnte eine erste Evaluation mit insgesamt 16 Studierenden zeigen, dass die adressierten Bereiche zu einer Steigerung in der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Einsatz digitaler Medien führte ($t=-3.920$, $p<.001$***, $d=.88$).

Literatur

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6(6), 763-772. doi:10.12691/education-6-6-27

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK - Digitalisierung des Unterrichts erfordert mehr als technisches Wissen. MNU(5), 358-364.

Huwer, J., & Seibert, J. (2017). EXPlainistry – Dokumentation, Erklärung und Visualisierung chemischer Experimente mithilfe digitaler Medien in Schülerlabor und Schule. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 160, 44-48.

Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. World Journal of Chemical Education, 6(3), 124-128. doi:DOI: 10.12691/wjce-6-3-4

Huwer, J., Seibert, J., & Brünken, J. (2018). Multitouch Learning Books als Versuchsanleitungen beim Forschenden Experimentieren am Beispiel von Süßungsmitteln. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 2018(03),

KMK (2017) Bildung in der digitalen Welt—Strategie der Kultusministerkonferenz. Abgerufen von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf

Seibert, J., Kay, C., & Huwer, J. (2019). EXPlainistry - Documentation, explanation and visualization of chemical experiments supported by ICT in schools. Journal of Chemical Education. doi:10.1021/acs.jchemed.8b00819

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., & Huwer, J. (2019). Potenzial für "mehr Tiefe" - Augmented Reality im naturwissenschaftlichen Unterricht. Computer + Unterricht, 114, 32-34.

Thyssen C., Finger A., Vogelsang, C., Laumann, D. (2017). Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht: Wirksamkeitsanalyse einer Lehrinitiative („Kolleg Didaktik:digital“). Vortrag auf der 20. Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio in Halle, 13.09.2017.

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. In Computers & Education, 59, S. 134-144.

Ulrich, N., & Huwer, J. (2017). Digitale (Schul-)Bücher – Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (pp. 63-71). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 1-15. doi:https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Zimmer, D., & Thyssen, C. (2017). Augmented Reality - Neue Möglichkeiten Originale in der Realität noch besser zu machen. *MNU Themenspezial MINT 2017, Verlag Klaus Seeberger Neuss*.

Dennis Zehler
Sascha Schanze

Leibniz Universität Hannover

digiPro – Aufgabenbasiertes E-Learning im Chemiestudium

Ausgangslage

Studienanfängerinnen und Studienanfänger in naturwissenschaftlichen Studiengängen kommen mit sehr heterogenen Lernvoraussetzungen an die Universität (Busker, Parchmann, & Wickleder, 2010). Dies erschwert es den Dozierenden, ihre traditionellen Lehrveranstaltungen (z. B. Vorlesung und Übung) an die Bedürfnisse aller Studierender anzupassen. Zusätzlich ist zu beobachten, dass Studierende diese Lehrveranstaltungen häufig ungenügend vor- bzw. nachbereiten oder erst unmittelbar vor einer anstehenden Prüfung zu lernen beginnen (Schulmeister, 2014). Dabei lehnen sie ihr Lernverhalten häufig an die Prüfungsanforderungen an (Momsen et al., 2013). Dies kann bei aktuell häufig auftretenden Prüfungsformaten zu einem mangelnden konzeptionellen Verständnis (Uzuntiryaki & Geban, 2005) und oberflächlichem Lernen (Momsen et al., 2013) führen, da in den Prüfungsaufgaben überwiegend deklaratives Wissen thematisiert wird (Schindler, 2015). Dies wird dadurch verstärkt, dass die zur Verfügung gestellten Lernmaterialien und Übungsaufgaben häufig ebenfalls so ausgelegt sind, dass sie durch bestimmte Algorithmen und weniger durch die Anwendung konzeptionellen Wissens lösbar sind (Cohen et al., 2000; Nyachwaya, Warfa, Roehrig, & Schneider, 2014). Dadurch steht das Gelernte in späteren Lernsituationen häufig nicht nachhaltig zur Verfügung (Renkl, Mandl, & Gruber, 1996). Die aus diesen Umständen resultierenden Leistungsprobleme führen insbesondere im Chemiestudium oft zu frühen Studienabbrüchen (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer, & Besuch, 2010).

Ziele des Projekts

Im Rahmen des Projektes digiPro soll diesem Gesamtumstand mit einer verbesserten Aufgabenkultur in chemischen Grundlagenvorlesungen entgegnet werden. Dazu sollen zum einen die Förderung bzw. Diagnose relevanter Fachkonzepte sowie chemiespezifischer Problemlöse- und Repräsentationskompetenz in der universitären Lehre stärker in den Fokus gerückt werden. Zum anderen sollen Lernen, Lehren und (Selbst)Diagnose zielführend aufeinander abgestimmt werden. Um auch der Problematik der heterogenen Lernvoraussetzungen zu begegnen, wird eine bestehende webbasierte Lernumgebung um ein zentrales aufgabenbasiertes Modul erweitert (Abb. 1).

Aufgaben zur (Selbst)Diagnose bieten die Möglichkeit, Dozierenden oder den Studierenden selbst nötige Lernanlässe aufzuzeigen. Anhand dessen kann auf komplexere Lernaufgaben (Leisen, 2010) oder Lerneinheiten mit Beispielaufgaben sowie potentielle Lerngruppen mit ähnlichem Lernstand verwiesen werden. Studierende können darauf aufbauend alleine oder in Lerngruppen bestimmte Fachkonzepte erarbeiten, wiederholen oder üben. Dozierende können auf Basis des Antwortverhaltens die eigenen Lehrveranstaltungen im blended-learning Format (z.B. flipped classroom (Fulton, 2012), s.u.) strukturieren. Durch den Verweis auf die Lerngruppen, die auch von Studierenden höheren Semesters mit Präsenzzeiten in Lernräumen unterstützt werden, kann die soziale Eingebundenheit der Studierenden sowie das kollaborative Lernen mit Formaten wie der Peer-Interaction-Methode (Schanze & Busse, 2010) unterstützt werden.

Das Aufgabenmodul wird losgelöst von konkreten universitären Veranstaltungen als eine Art Template konzipiert, sodass es jederzeit mit zusätzlichen Aufgaben entsprechender Inhaltsbereiche auf beliebige Veranstaltungen erweitert werden kann. Im Rahmen der Projektlaufzeit

wird die Verwendung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Anorganische Chemie der Leibniz Universität Hannover für das Modul Allgemeine Chemie 1 und eine weitere Grundlagenvorlesung realisiert.

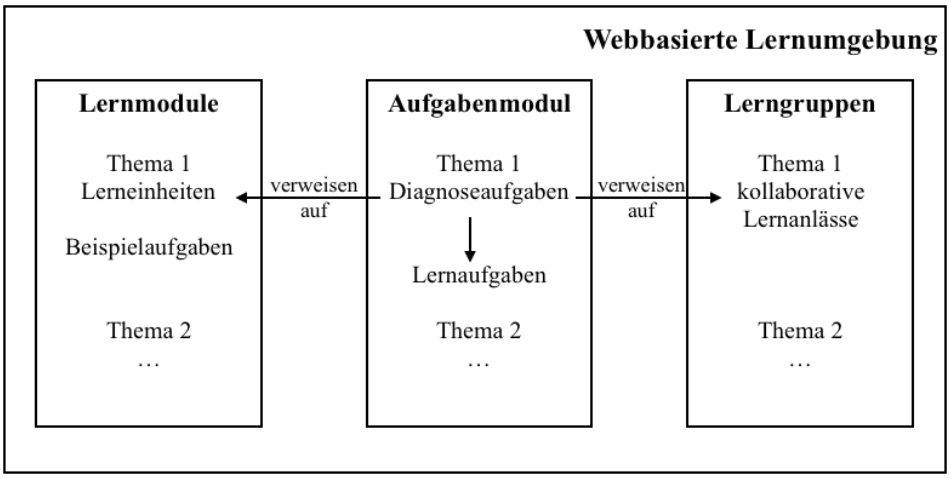


Abb. 1 Schematische Eingliederung des Aufgabenmoduls in webbasierte Lernumgebung.

Anlegen eines Aufgabenmoduls mit Metadaten

Zur Erstellung des Aufgabenmoduls werden Aufgaben gesammelt, als Diagnose-, Lern- oder Beispielaufgaben gekennzeichnet und so mit Metadaten versehen (Tab. 1), dass sie anlassbezogen von Dozierenden für ihre Lehrveranstaltungen oder Studierenden zur Selbstdiagnose sowie zum Erarbeiten, Wiederholen und Üben von Fachkonzepten genutzt werden können. Die hinterlegten Metadaten helfen dabei, passende Aufgaben für die jeweiligen Anlässe zu finden, um diese im Anschluss nutzen zu können.

Tab. 1: Metadaten für die Aufgaben im Aufgabenmodul.

Metadatum	**Dimensionen**
Aufgabentyp	Lernaufgabe, Beispielaufgabe, Diagnoseaufgabe
Teilaufgaben	ja/nein
Module	Allgemeine Chemie, Anorganische Chemie 1, ...
Oberthema	Säure-Base-Chemie, Reaktionskinetik, ...
Unterthema	Titration, Reaktionsordnungen, ...
Schwierigkeitsgrad (Niveau)	Einstieg, Basis, Fortgeschritten, Experte
Adressierte Repräsentationen	keine, Reaktionsgleichung, Formeln, Diagramme, ...
Adressiert Schülervorstellungen	ja/nein
Adressiert Problemlösestrategien	ja/nein
Expertenrating	ja/nein

Die gesamte webbasierte Lernumgebung wird im Lernmanagement-System ILIAS realisiert. Die Aufgaben werden dort programmiert und Verweise auf z. B. entsprechende Lerneinheiten über Feedbackstrukturen implementiert. Dazu werden Templates für einheitlich gestaltete Aufgaben, die zugehörigen Feedbackstrukturen und Erklärvideos mit Beispielaufgaben entwickelt.

Verwendung des Aufgabenmoduls durch Dozierende
Eine mögliche Verwendung einer webbasierten Lernumgebung mit zentralem Aufgabenmodul für Dozierende ist die Restrukturierung einer traditionellen Vorlesung mit zugehöriger Übung. Die webbasierte Lernumgebung kann z. B. im Sinne eines flipped classrooms verwendet werden, um vorbereitend zu den Präsenzveranstaltungen Lerneinheiten mit Lern- und Beispielaufgaben und Diagnosetests mit Diagnoseaufgaben bereitzustellen (Abb. 2).

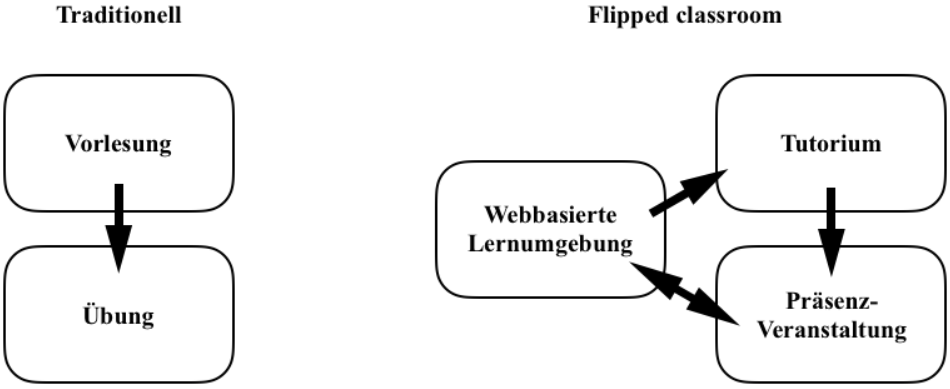


Abb. 2: Traditionelle Vorlesung und flipped classroom im Vergleich.

Die Studierende können sich so bereits vor den Präsenzveranstaltungen grundlegende Fachkonzepte erarbeiten und in angebotene Tutorien erste Verständnisfragen klären sowie diese in Kleingruppen anwenden und einüben. In Kombination mit den bereitgestellten Diagnoseaufgaben in der webbasierten Lernumgebung erhalten die Dozierenden der Präsenzveranstaltungen auf diese Weise Auskunft über den Lernstand ihrer Studierenden und können in ihren Präsenzveranstaltungen demnach entsprechende Schwerpunkte setzen. Auf diese Weise bleibt in den Präsenzveranstaltungen mehr Zeit für Verständnisfragen sowie durch Fachexperten betreute Vertiefungen, Verknüpfungen und Anwendungen von Fachkonzepten auf neue Kontexte. In derartigen Grundlagenmodulen der ersten Semester des Studiums kann durch eine aufgabenbezogene Selbstkontrolle und ein entsprechendes Tutorienangebot sicher gestellt werden, dass die Studierenden mit Beginn der Präsenzveranstaltungen ein besser einschätzbares Einstiegsniveau besitzen.

Verwendung des Aufgabenmoduls durch Studierende
Abseits der Verwendung im Rahmen von Lehrveranstaltungen im blended-learning Format soll das Aufgabenmodul ebenfalls für Studierende direkt zugänglich gemacht werden, damit diese modul-, themen- und niveauspezifische Fragen z. B. zur Selbstdiagnose abrufen können. So könnten Studierende z. B. zur Vorbereitung für die Klausur zur Allgemeinen Chemie 1 ein Set zufälliger Diagnoseaufgaben zu einem bestimmten Themenbereich (z. B. Säure-Base-Chemie) auf dem Basisniveau des Moduls zur Verfügung gestellt bekommen, um diese zu bearbeiten und im Anschluss Feedback zu ihrem aktuellen Lernstand und Empfehlungen zu passenden Lernmaterialien zu erhalten. Dieser Aspekt ist ein langfristiges Ziel des Projekts, für den aktuell noch einige technische Gegebenheiten geschaffen werden müssen, um sowohl den Abruf, als auch das Feedback für die Studierenden zu optimieren.

Literatur

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. Welches Vorwissen und welches Interesse zeigen Studierende? Chemkon, 17(4), 163–168.

Cohen, J., Kennedy-Justice, M., Pai, S., Torres, C., Toomey, R., DePierro, E., & Garafalo, F. (2000). Encouraging meaningful quantitative problem solving. Journal of Chemical Education, 77(9), 1166–1173

Fulton, K. (2012). Upside Down and Inside Out: Flip Your Classroom to Improve Student Learning. Learning & Leading Technology, 39, 12-17

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08 (Vol. 2)

Leisen, J. (2010). Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. *Unterricht Physik*, *1117/118*, 9–13.

Momsen, J., Offerdahl, E., Kryjevskaia, M., Montplaisir, L., Anderson, E., & Grosz, N. (2013). Using Assessments to Investigate and Compare the Nature of Learning in undergraduate Science Courses. CBE Life Sciences Education, 12, 239–249

Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. Chem. Educ. Res. Pract., 15(1), 81–93

Renkl, A., Mandl, H., & Gruber, H. (1996). Inert Knowledge - Analyses and Remedies. Educational Psychologist, 31(2), 115–121

Schanze, S., & Busse, M. (2015). Peer-Interaction - Förderung des Konzeptverständnisses durch ein kollaboratives Aufgabenformat. Unterricht Chemie, 149, 26–34

Schindler, C. J. (2015). Herausforderung Prüfen: Eine fallbasierte Untersuchung der Prüfungspraxis von Hochschullehrenden im Rahmen eines Qualitätsentwickluingsprogramms. Technische Universität München (Dissertation)

Schulmeister, R. (2014). Auf der Suche nach Determinanten des Studienerfolgs. In J. Brockmann & A. Pilniok (Eds.), *Studieneingangsphase in der Rechtswissenschaft* (pp. 72–205). Baden-Baden: Nomos.

Uzuntiryaki, E., & Geban, Ö. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. Instructional Science, 33, 311–339

Christoph Hoyer LMU München
Lars-Jochen Thoms
Raimund Girwidz

Lehren mit Multimedia, Fernlaboren und 3D-Druck im Physikunterricht

Am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der LMU München wird seit dem Sommersemester 2018 das Lehrprojekt „Mit digitalen Medien experimentelle Kompetenzen und komplexe Datenauswertungen schulen“ durchgeführt. Das Projekt zielt darauf ab, angehenden Lehrkräften Hintergrundwissen zum gewinnbringenden Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu vermitteln.
Die neuen Inhalte wurden in bestehende Veranstaltungen zum *Lernen und Lehren im Physikunterricht*, sowie zum *schulbezogenen Experimentieren* integriert. Zusätzlich wurde im Wintersemester 2018/2019 eine vertiefende Veranstaltung im Wahlpflichtbereich angeboten.

Gestaltung des Lehrkonzeptes

Das Lehrkonzept vermittelt Einsatzmöglichkeiten neuer Medien im Physikunterricht. Dabei wurden die Lehrinhalte des Seminars so gestaltet, dass sie an die Themengebiete *Cognitive Load* (Sweller, 2010), *Multicodierung*, *Multimodalität* und *Interaktivität* aus den Theorien zum Multimedia-Lernen und der allgemeinen Lernpsychologie (vgl. Mayer, 2014) anknüpfen. Eine inhaltsbezogene Konkretisierung findet anhand von Modulen zum Multimedia-Lernen, zum 3D-Druck, zu ferngesteuerten und virtuellen Experimenten, zur digitalen Messwerterfassung, zur Darstellung von Messwerten und zu interaktiven Aufgabenformaten statt.
Dabei liegt der Fokus in den einzelnen Themenbereichen zunächst auf theoretischen Gesichtspunkte, die anschließend aber auch in der Praxis bei der Planung und Durchführung unterrichtsrelevanter Experimente Anwendung finden.

Lehrmodule

Für eine möglichst reibungslose Eingliederung der neuen Inhalte in bestehende Veranstaltungen wurde ein modularer Aufbau gewählt. Die sechs Module können, müssen aber nicht zwangsläufig nacheinander bearbeitet werden. Auf diese Weise lassen sie sich flexibel, je nach Bedarf und zur Verfügung stehender Zeit, in verschiedene Veranstaltungen integrieren. Es folgt eine Übersicht über die verschiedenen Module.

Lehr-lernpsychologische Grundlagen von Multimedia
Bei der Vermittlung von Lerninhalten wird in der Schule immer mehr auf multimediale Lehr- und Lernmaterialien zurückgegriffen. In der Literatur wird jedoch vielfach beschrieben, dass multimediale Umsetzungen durchaus auch nachteilige Effekte haben können (z.B. Mayer, 2014). Lehrkräfte müssen Materialien also nicht mehr nur nach fachlichen Gesichtspunkten beurteilen können, auch die Bewertung nach multimedialen Aspekten rückt immer mehr in ihren beruflichen Anforderungsbereich.
In diesem Modul wird daher auf die Notwendigkeit einer kritischen Auswahl und Nutzung multimedialer Anwendungen im Physikunterricht aufmerksam gemacht. Zur Beurteilung verfügbarer Anwendungen werden multimediatheoretische Aspekte vermittelt. Veranschaulicht werden diese anhand unterrichtsrelevanter Beispielprogramme zu physikalischen Inhalten (vgl. Hoyer & Girwidz, 2018b). Das Modul eignet sich für einen Einstieg in die Thematik zu Semesterbeginn. So können die Studierenden erworbene Kenntnisse bei Tätigkeiten während des Semesters (z.B. bei der Gestaltung von

Lernmaterialien oder dem Aufbau, der Durchführung und Präsentation von Experimenten) weiter vertiefen und ausbauen.

3D-Druck

Für den Physikunterricht bietet der 3D-Druck spannende Möglichkeiten, dreidimensionale Modelle und Darstellungen zu physikalischen Themen anzufertigen. So kann mit gedruckten Modellen zum Beispiel der funktionale Zusammenhang zwischen drei physikalischen Größen dargestellt werden. Abbildung 1 zeigt einen Ausdruck der Zustandsfläche eines idealen Gases. In Schwarz wurde der Verlauf einer isothermen Zustandsänderung eingezeichnet. Unterschiedliche Perspektiven auf das Modell zeigen die Zustandsänderung im *p-T*-, *T-V*-, oder *p-V*-Diagramm. So ist der Zusammenhang zwischen diesen Diagrammen direkt ersichtlich. Die Studierenden sollen erkennen, wie durch einen geometrischen Perspektivwechsel ein physikalischer Perspektivwechsel veranschaulicht werden kann.
In diesem Modul werden weiterhin Grundkenntnisse zum 3D-Druck vermittelt und anschließend bei der Gestaltung von Lernmaterialien zu physikalischen Inhalten vertieft.

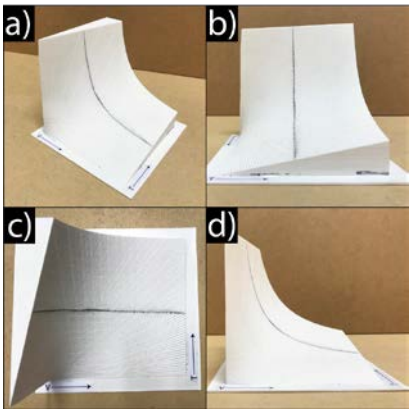


Abb. 1: Ausdruck der Zustandsfläche eines idealen Gases mit eingezeichneter isothermer Zustandsänderung. a) Aufsicht auf die Zustandsfläche, b) p-T-Perspektive, c) T-V-Perspektive, d) p-V-Perspektive.

Ferngesteuerte und virtuelle Labore

Ferngesteuerte und virtuelle Labore (vgl. z.B. Hoyer & Girwidz, 2018a; Richtberg, 2018; Thoms & Girwidz, 2017) erlauben den Lernenden auch bei kostspieligen oder gefährlichen Aufbauten ein selbstständiges Experimentieren. Außerdem können etwaige, für die jeweiligen unterrichtlichen Ziele nicht relevante Teilschritte des Experimentierens vom System übernommen werden. Die Aufmerksamkeit der Lernenden kann dann auf die relevanten experimentellen Tätigkeiten konzentriert werden. Eine digitale Version der Experimente bietet zudem Möglichkeiten zum Einblenden von Hinweisen, Hilfen oder von im Realexperiment ansonsten unsichtbaren Elementen direkt in das Experiment.
In diesem Modul lernen die Studierenden verschiedene ferngesteuerte und virtuelle Labore kennen und bewerten diese anhand eines etablierten Bewertungsschemas (vgl. Altherr et al., 2003; Dębowska, 2013).

Digitale Messwerterfassung

Systeme zur digitalen Messwerterfassung gibt es inzwischen nicht nur von etablierten Lehrmittelherstellern. Auch Smartphones und Tablets können in Verbindung mit einer passenden App zu diesem Zweck genutzt werden. Außerdem gibt es diverse Low-Cost Lösungen, mit denen das Funktionsprinzip der automatisierten Messwerterfassung nachvollzogen werden kann. Durch die Automatisierung kann der Prozess der Messwerterfassung abgekürzt und der unterrichtliche Fokus auf einen anderen experimentellen Teilaspekt gerichtet werden.
In diesem Modul wird zunächst kritisch hinterfragt, in welchen Unterrichtssituationen und bei welchen Lernzielen sich eine digitale Erfassung von Messwerten anbietet. Anschließend

lernen die Studierenden verschiedene Messwerterfassungssysteme kennen. Insbesondere wird dabei auf die etablierten Systeme, auf Apps zur Videoanalyse und auf die Messwerterfassung mit Arduino und Raspberry Pi eingegangen.

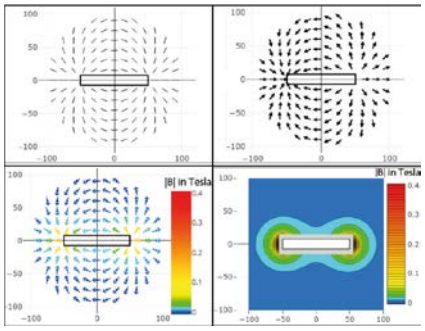


*Abb. 2: Darstellungen des Feldes eines Magneten. Jede Darstellung akzentuiert unterschiedliche Informationen (*Hoyer & Girwidz, 2018a).

Darstellung von Messergebnissen
Unterschiedliche Darstellungen eines physikalischen Sachverhaltes können verschiedene Aspekte akzentuieren. So kann die ortsabhängige Richtung der magnetischen Flussdichte beispielsweise durch Eisenfeilspäne oder Magnetnadeln dargestellt werden. Zur Visualisierung der Beträge der magnetischen Flussdichte eignen sich dagegen eher Kontur- oder 3D-Darstellungen.
In diesem Modul vergleichen die Studierenden zunächst verschiedene Visualisierungen eines magnetischen Feldes und arbeiten Gemeinsamkeiten und Unterschiede heraus. Anschließend fertigen sie mit Computeranwendungen (z.B. Excel, Geogebra, Mathematica) selbst Darstellungen zu physikalischen Messwerten an.

Interaktive Aufgabenformate
Durch interaktive Aufgabenformate können Lernende aktiviert und individuell gefördert werden. In Learning-Management-Systemen können solche Aufgaben erstellt und bereitgestellt werden. Hierfür gibt es meist vorgefertigte Aufgabentypen (z.B. Quiz-, Multiple-Choice-, Drag-and-Drop-Aufgaben), die für den jeweiligen Unterrichtsgegenstand mit Inhalten gefüllt werden können. Weiterhin können solche Systeme den Lernfortschritt dokumentieren oder Rückmeldung über das Erreichen eines Lernziels geben.
In diesem Modul nutzen die Studierenden Lernplattformen zur Gestaltung von interaktiven Arbeitsmaterialien. Unter Anderem binden sie dazu Bilder, Videos, Internetseiten sowie ferngesteuerte und virtuelle Labore direkt in das Lernmaterial ein und formulieren schülerorientierte Aufgabenstellungen.

Ergebnisse und Ausblick
Multimediale Anwendungen bieten für den Physikunterricht vielfältige Optionen. So können z.B. weniger wichtige Teilschritte automatisiert erfolgen, um kognitiven Ressourcen der Lernenden für das Verständnis unterrichtsrelevanter Inhalte freizuhalten (vgl. Hoyer & Girwidz, 2019). Dies erfordert aber eine entsprechende Ausbildung der Lehrenden im Umgang mit digitalen Medien im Physikunterricht. Hier schließt das Lehrprojekt an.
Bisher wurden die Module in 13 Veranstaltungen integriert. Dabei hat sich der modulare Aufbau sehr bewährt. Die Evaluationen der Lehrveranstaltungen ließen auf eine hohe Akzeptanz der Modulinhalte schließen. Das Lehrkonzept wird auch in Zukunft beibehalten. Noch stärker sollen interaktive Aufgabenformate vertieft werden, insbesondere in Verbindung mit Videovignetten.

Danksagungen
Wir danken der Joachim Herz Stiftung für die Aufnahme in das Kolleg Didaktik:digital und die damit verbundene Förderung unseres Lehrvorhabens.

Literatur

Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B., & Jodl, H. J. (2003). Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples). European Journal of Physics, 25(1), 7–14.

Dębowska, E., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Mason, B., Mathelitsch, L., . . . Silva, J. (2013). Report and recommendations on multimedia materials for teaching and learning electricity and magnetism. European Journal of Physics, 34(3), L47-L54.

Hoyer, C. & Girwidz, R. (2018a). A remote lab for measuring, visualizing and analysing the field of a cylindrical permanent magnet. European Journal of Physics, 39(6), 065808.

Hoyer, C. & Girwidz, R. (2018b). Didaktische Aspekte von Multimedia – Aufgezeigt an HTML5-Anwendungen. In C. Maurer (Hrsg.). Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: GDCP-Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg.

Hoyer, C. & Girwidz, R. (2019). Digitale Medien - Werkzeuge beim Experimentieren, Unterricht Physik 171/172, S.13-19.

Mayer, R. E. (Ed.). (2014). The Cambridge handbook of multimedia learning (Second edition). Cambridge handbooks in psychology. New York: Cambridge University Press.

Richtberg, S. (2018). Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung. Berlin: Logos Verlag.

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Educational Psychology Review, 22 (2), 123–138. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5

Thoms, L.-J., & Girwidz, R. (2017). Virtual and remote experiments for radiometric and photometric measurements. European Journal of Physics, 38(5), 55301–55324.

Ostermann Anje[1]
Hendrik Härtig[2]
Lorenz Kampschulte[3]
Mathias Ropohl[2]
Julia Schwanewedel[4]
Anke Lindmeier[1]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Duisburg-Essen
[3]Deutsches Museum München
[4]Humboldt-Universität zu Berlin

Entwicklung einer Fortbildung zum Medieneinsatz
Was ist wichtig?

Motivation und Ausgangslage

Von Lehrkräften wir erwartet, dass sie Medien im Unterricht einsetzen (KMK, 2004a). Dabei soll der Grundstein zur reflektierten Verwendung von Medien in der Lehrkräfteaus- und -weiterbildung gelegt werden (KMK, 2004b). Im Gegensatz zu der normativen Verordnung zur Nutzung von Medien im Unterricht steht die bisher noch eher wenig durchgängige Nutzung von Medien im Unterricht (bspw. Lorenz, Bos, Endberg, Eickelmann, Grafe & Vahrendhold, 2017). Es kann davon ausgegangen werden, dass die medienpädagogische Ausbildung immer noch nicht flächendeckend verpflichtender Teil der Lehrkräfteaus- und -weiterbildung ist (Kammerl & Mayrberger, 2011; keine neueren Daten verfügbar). Spezifisch in Schleswig-Holstein sehen die Lehrkräfte einen Bedarf an fachdidaktischen Fortbildungsangeboten im Bereich Medieneinsatz im Fachunterricht (IQSH, 2015). Zusammenfassend stellt sich die Situation also wie folgt: Lehrkräfte sollen einerseits Medien im Unterricht einsetzen, der Einsatz von Medien im Unterricht findet in der Praxis jedoch nicht flächendeckend und nicht durchgängig statt, so dass sich für die Lehrkräfteaus- und -weiterbildung ein Bedarf formeller Lerngelegenheiten zum Erwerb medienbezogenen Wissens ergibt.

Spezifischer Praxisbedarf

Mathematiklehrkräfte mit Betreuungsaufgaben spielen eine zentrale Rolle bei den notwendigen Veränderungen in Bezug auf den Medieneinsatz im Fachunterricht. Dazu benötigen sie Kompetenzen zur Analyse und Reflexion von Medieneinsatz im Mathematikunterricht. Als Lehrkräfte, welche die Ausbildungskultur angehender Lehrkräfte maßgeblich beeinflussen und als selbst unterrichtende Lehrkräfte, ist es auch aus Sicht der Implementationsforschung vielversprechend (Hall & Hord, 2001), Innovationsmaßnahmen in Bezug auf den Medieneinsatz passgenau für den Bedarf der Lehrkräfte mit Betreuungsaufgaben zu gestalten.

Zielgruppe und Fragestellung

Lehrkräfte mit Betreuungsaufgaben sind an den Schulen für die Betreuung und Beratung angehender Lehrkräfte wie Studierende im Schulpraktikum oder Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst zuständig. Sie verfügen bereits über Erfahrungen beim Unterrichten und unterstützen angehende Lehrkräfte bei deren Planung, Durchführung und Analyse von Unterricht. Durch die enge Betreuung der angehenden Lehrkräfte prägen sie die Ausbildungskultur angehender Lehrkräfte an den Schulen maßgeblich.

Damit ergibt sich die Frage danach, wie im Rahmen einer Fortbildung die Kompetenzen zur Analyse und Reflexion von Medieneinsatz im Mathematikunterricht von Akteuren der Lehrkräfteausbildung gestärkt werden können. Zur Annäherung an die Fragestellung wird der Ansatz des Design-Researchs mithilfe mehrerer Designzyklen mit unterschiedlichen Schwerpunkten gewählt. (vgl. Abb. 1).

Die Entwicklung der Fortbildung soll für die Zielgruppe der Mathematiklehrkräfte mit Betreuungsaufgaben angepasst sein und an zwei Terminen in kleinen Gruppen mit drei bis fünf Teilnehmenden in Schleswig-Holstein stattfinden. Darüber hinaus orientiert sich die

Entwicklung der Fortbildung an den Gestaltungsprinzipien des DZLM wie bspw. der Einbezug von Fallbeispielen als Reflexionsanlässe (Barzel & Selter, 2015).

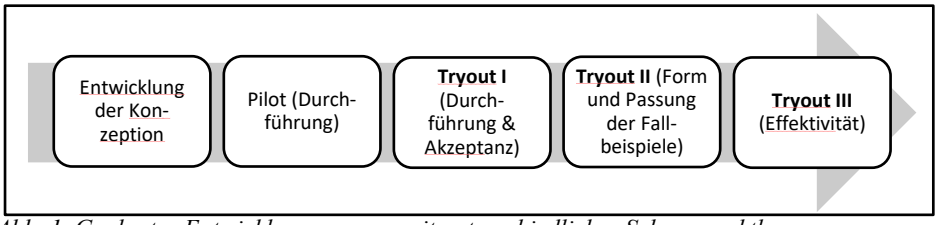


Abb. 1. Geplanter Entwicklungsprozess mit unterschiedlicher Schwerpunktlegung.

Inhaltliche Konzeption

Ziel der Fortbildung ist es, die Kompetenzen im Bereich der Analyse und Reflexion von Medieneinsatz bei Mathematiklehrkräften mit Betreuungsaufgaben zu stärken. Dafür orientiert sich die Fortbildung inhaltlich an der von Härtig und Kollegen (2018) beschriebenen Struktur zur Charakterisierung von Medieneinsatz, die zwischen Merkmalen der Oberfläche und Merkmalen der Tiefenstruktur einerseits und zwischen Merkmalen des Mediums und Merkmalen des Medieneinsatzes andererseits unterscheidet. Für jeden der sich ergebenden Schnittbereiche wurden Theorieelemente gewählt, die exemplarisch Aspekte von Medieneinsatz illustrieren, welche übergreifend auf verschiedene Medientypen angewandt werden können. Dazu zählen z. B. neben der grundlegenden Begründung von Medieneinsatz im (Fach-)Unterricht auch die Klassifikation verschiedener Medientypen (Ebene des Mediums, Oberflächenstruktur), die Analyse des Potenzials von Medien (Ebene des Mediums, Tiefenstruktur), das White Box/Black Box Prinzip sowie das Auslagerungsprinzip (vgl. Buchberger, 1990; Peschek, 1999; Ebene des Medieneinsatzes, Tiefenstruktur) und die Auswirkungen von Sozialform und Steuerung auf den Medieneinsatz (Ebene des Medieneinsatzes, Oberflächenstruktur). Diese theoretischen Inhalte werden mithilfe von Einsatzbeispielen illustriert und auf die konkreten Aufgaben in der Betreuung und Beratung angehender Lehrkräfte bezogen. Auf diese Weise ist das Ziel, dass Merkmale des Medieneinsatzes besser beschrieben, ggf. kriteriengeleitet geprüft, und im Sinne eines lernzielorientierten Unterrichts gestaltet werden können.

Design-Zyklen

Der Entwicklungsprozess der Fortbildung sieht für die einzelnen Entwicklungsschritte aus Abb. 1 unterschiedliche Schwerpunktlegungen vor, aus denen die Kriterien zur Weiterentwicklung der Fortbildung abgeleitet werden. Die Schwerpunkte sind so angelegt, dass die Entwicklungsschritte sich von oberflächlicheren Merkmalen wie der Durchführbarkeit ausgehend zunehmend der Relevanz und Bedeutung der Fortbildungsinhalte für die berufliche Praxis der Zielgruppe nähern.

Rückmeldungen zur Konzeption. Im ersten Entwicklungsschritt wurde die zuvor beschriebene Konzeption der Fortbildung entwickelt und Feedback zu der Konzeption eingeholt. Dafür wurde eine Expertin aus der Bildungsadministration für die Anforderungen an Lehrkräfte mit Betreuungsaufgaben in Schleswig-Holstein hinzugezogen. Die Rückmeldung der Expertin lassen Schlüsse auf die realisierten Ziele insbesondere in Bezug auf die normative Perspektive zu. Durch die erfolgten Rückmeldungen der Expertin wurde die Zielgruppe auch auf Lehrkräfte erweitert, die angehende Lehrkräfte an den Schulen betreuen wie z. B. Mentorinnen und Mentoren, die Studierende im Rahmen des Praxissemesters an den Schulen begleiten. Weiter wurden die Ziele von Medieneinsatz stärker fokussiert, indem diese in den Einsatzbeispielen immer transparent gemacht wurden und in den unterschiedlichen Theorieelementen der Bezug zu den Zielen des Medieneinsatzes verdeutlicht werden. Es erfolgte eine Umstrukturierung der Inhalte, welche die Berücksichtigung der Lernziele bei der Analyse von Medieneinsatz nach Einschätzung der Expertin begünstigt. Durch eine Lehrkraft,

die selbst Betreuungsaufgaben übernimmt, also ein Mitglied der Zielgruppe ist, wurde weiteres Feedback zu der Konzeption eingeholt. Die Rückmeldungen dieser Lehrkraft können als Hinweise einerseits auf die Passung der Fortbildung zu den Bedürfnissen der Mitglieder der Zielgruppen und andererseits auf die Akzeptanz einer Fortbildung dieser Art hinweisen. Die Rückmeldungen dieser Lehrkraft führten zu der Integration weiterer illustrierender Beispiele für Medieneinsatz, die zusätzlich als Reflexionsanlässe in Bezug auf die theoretischen Elemente genutzt werden können. Als weiterer Punkt wurde eine Checkliste zur Medienausstattung und Zugänge zu Medien an der Schule als Orientierungshilfe für angehende Lehrkräfte an den Schulen als Anregung und Beispiel einer konkreten Unterstützungsmaßnahme auf organisatorischer Ebene aufgenommen.

Pilotierung der Fortbildung. In dem aktuell durchgeführten Entwicklungsschritt wurde überprüft, inwiefern die Fortbildung in ihrer Form in der vorgesehenen Zeit durchführbar ist. Die erste Durchführung erfolgte mit Lehrkräften, die selbst in der Lehrkräfteausbildung tätig sind, jedoch an Universitäten oder im Bereich der Begleitung von Lehrkräften im Vorbereitungsdienst als Studienleitende wirken.

Tryout I. Ziel der noch ausstehenden ersten Realisierung ist die Überprüfung der Durchführbarkeit der Fortbildung in ihrer Form und Ablaufplanung. Weiter soll untersucht werden, ob die Fortbildung auf Akzeptanz von Seiten der teilnehmenden Lehrkräfte stößt. Mithilfe einer Gruppendiskussion soll die Akzeptanz der Fortbildung als Einstellung der Gruppe gegenüber der Fortbildung erhoben werden.

Tryout II. Der Schwerpunkt der geplanten zweiten Durchführung liegt auf der Nutzung von Fallbeispielen zur Illustration und Reflexion der Theorieelemente. Die zentrale Frage dieser Durchführung liegt demnach darin, ob die Fallbeispiele passend zur Illustration der theoretischen Inhalte gewählt wurden. Auch in diesem Schritt soll mithilfe einer Gruppendiskussion ermittelt werden, wie die Gruppe gegenüber den genutzten Fallbeispielen eingestellt ist.

Tryout III. Die dritte Realisierung der Fortbildung soll die Frage beantworten, inwiefern die Fortbildung bezogen auf die wahrgenommene Nutzbarkeit in beruflichen Kontexten und auf die Reflexion von Medieneinsatz effektiv ist. Dafür werden vor und nach der Fortbildung Fallbeispiele zur Reflexion von Medieneinsatz im Mathematikunterricht eingesetzt und untersucht, ob sich die Reflexion der Beispiele in Bezug auf die Reflexionstiefe oder -breite ändert. Darüber hinaus soll mithilfe einer Follow-up-Befragung zu der wahrgenommenen Nutzbarkeit der Fortbildungsinhalte in ihren beruflichen Kontexten erfasst werden, inwiefern die Fortbildung Relevanz für die berufliche Praxis der Teilnehmenden hat.

Erste Erfahrungen und Diskussion

Die Pilotierung der Fortbildung mit Lehrkräften, die in der Lehrkräfteausbildung tätig sind, bestätigte den vermuteten Bedarf an Fortbildungen zum Medieneinsatz im Mathematikunterricht mit dem Fokus auf Lehrkräfte mit Betreuungsaufgaben. Weiter gaben die Lehrkräfte an, dass sie die in der Fortbildung angebotene Strukturierung nach Merkmalen der Oberflächen- und der Tiefenstruktur sowie nach Merkmalen des Mediums und des Medieneinsatzes bei der als schwierig empfundenen Kommunikation über Medieneinsatz als unterstützend wahrnehmen. Der Einsatz unterschiedlicher Fallbeispiele zur Illustration und Reflexion der Theorieelemente spielte in der Pilotierung eine zentrale Rolle.

Nach Abschluss der ausstehenden Entwicklungsschritte liegt erstmals ein Angebot vor, dass im Fach Mathematik exemplarisch aufzeigt, wie Lehrkräfte mit Betreuungsaufgaben bei der Bewältigung der beruflichen Anforderung in Bezug auf den Medieneinsatz spezifisch unterstützt werden können. Offen bleibt zunächst die Frage, inwiefern die genutzten Fallbeispiele und die Nutzung theoretischer Bezugslinien tatsächlich dazu beitragen können, ein geteiltes Verständnis von „best practice“ im Bereich Medieneinsatz im Mathematikunterricht zu entwickeln, der bestenfalls zu einer Weiterentwicklung der bestehenden Mediennutzungskultur beiträgt.

Literatur

Barzel, B., & Selter, C. (2015). Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen. Journal für Mathematik-Didaktik, 36(2), 259–284

Buchberger, B. (1990). Should students learn integration rules?. ACM Sigsam Bulletin, 24(1), 10–17

Hall, G. & Hord, S. M. (2001). Implementing change. Patterns, principles and potholes. Needham Heights, MA: Pearson Education

Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? In Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A. & Schwanewedel, J. (Hrsg.). Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fächerübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 157–192

Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holstein (2015). Landesweite Umfrage zur IT-Ausstattung und Medienbildung der Schulen in Schleswig-Holstein. Kronshagen: IQSH

Kammerl, R. & Mayrberger, K. (2011). Medienpädagogik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Deutschland: Aktuelle Situation und Desiderata. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 29 (2), 172–184

KMK (2004a). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss von 04.12.2003. München, Neuwied: Wolters Kluwer Deutschland GmbH

KMK (2004b). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss vom 16.12.2004 in der Fassung vom 16.05.2019. Bonn: KMK

Lorenz, R., Bos, W., Endberg, M. (2017). Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017. Münster: Waxmann Verlag.

Peschek, W. (1999). Mathematische Bildung meint auch Verzicht auf Wissen. In Mathematische Bildung und Neue Technologien. Wiesbaden: Vieweg+ Teubner Verlag, 263–270

Albert Teichrew Goethe-Universität Frankfurt am Main
Roger Erb

Einsatz und Evaluation eines Augmented Reality-Experiments zur Optik

Lernen mit Modellen und Experimenten

Die Förderung des wissenschaftlichen Denkens im Unterricht und seine Erfassung in der fachdidaktischen Forschung ist eng mit Problemlöseprozessen verbunden (Mayer, 2007). Das Experimentieren ist Teil eines solchen Prozesses und oft der Schwerpunkt von Interventionen oder Kompetenzmessungen (Muth & Erb, 2018; Theyßen, Schecker, Neumann, Eickhorst, & Dickmann, 2016; Winkelmann & Erb, 2018). Allerdings ist neben dem Experimentieren das *Nutzen von Modellen* ebenfalls ein integraler Bestandteil des Kompetenzbereichs der Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005). Die dafür benötigten Kenntnisse und Fähigkeiten sind unter dem Begriff der Modellkompetenz als Teil des Wissenschaftsverständnisses und wissenschaftlichen Denkens zusammengefasst (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Dazu gehört die Generierung von Vorhersagen aus Modellen und die Überprüfung dieser Hypothesen anhand von experimentellen Ergebnissen. Aus diesem Grund wurde mit dem *Kreislauf der Erkenntnisgewinnung* eine Gestaltungshilfe für Lernumgebungen entwickelt, in denen die Arbeit mit einem Modell und die Durchführung von Experimenten – mit dem Ziel der Überprüfung des Modells und seiner Hypothesen – in einem gemeinsamen Erkenntnisprozess vorkommen (Teichrew & Erb, 2019a).

Dynamische Modelle

Konstruktionen bilden den Kern der geometrischen Optik, sodass in dem Gesamtprojekt die Dynamische Geometrie-Software (DGS) GeoGebra als Werkzeug der Modellierung optischer Phänomene verwendet wird (gefördert von der Joachim Herz Stiftung). Die Besonderheit einer DGS ist, dass sich Veränderungen an einem Objekt auch auf alle verknüpften auswirken. Dadurch wird ein virtuelles Experimentieren möglich, um Vorhersagen für das reale Experiment zu gewinnen (Erb, 2016).
Der Einsatz solcher *dynamischen Modelle* zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf Versuche im Praktikum wurde unter anderem mithilfe von Videoanalysen untersucht (Teichrew & Erb, 2019b). Ein Versuch zur Brechung mit der Halbkreisscheibe bildete den Forschungsschwerpunkt dieser explorativen Mixed-Methods-Studie (N = 40). In einem Teilprojekt wurde im Anschluss an die Arbeit mit dem Modell und der Durchführung des Experiments die Verknüpfung und Fortführung der beiden Prozesse zu einem Augmented Reality-Experiment (AR-Experiment) evaluiert (n = 21).

Augmented Reality-Experimente

Unter AR-Experimenten verstehen wir die Erweiterung klassischer Experimente (realer Objekte im realen Raum) mit idealisierten Modelldarstellungen (virtuellen Inhalten), die sich an die realen Gegebenheiten anpassen lassen. Eine Möglichkeit diese Art von digitalisierten Experimenten umzusetzen, bietet die App GeoGebra 3D Grafikrechner (Teichrew, Erb, Wilhelm, & Kuhn, 2019). Mit einem Smartphone oder Tablet lassen sich die in GeoGebra erstellten dynamischen Modelle aufrufen und ohne Marker auf jede beliebige Fläche einblenden. Die Überlagerung und Anpassung an die realen Strukturen erfolgt mit Wischgesten und Schiebereglern. Bei Veränderung der Position des Mobilgeräts bleibt der virtuelle Inhalt an der zugewiesenen Stelle, sodass seine Anwesenheit im Raum natürlich erscheint. Die Durchführung eines AR-Experiments mit GeoGebra beinhaltet die in Tabelle 1 aufgelisteten Phasen. Die Erläuterungen skizzieren den idealtypischen Verlauf des eingesetzten AR-Experiments zur Brechung mit der Halbkreisscheibe.

Nr.	Phase	Aktivität	Erläuterung anhand des Beispiels zur Brechung
1	Arbeit mit dem Modell	Hypothesen formulieren	Der virtuelle Lichtweg durch eine Halbkreisscheibe hängt von dem Einfallswinkel, der Eintrittsstelle und der Brechungsindizes der verwendeten optischen Medien ab.
2	Durchführung des Experiments	Am Modell orientieren	Eine reale Halbkreisscheibe mit Brechungsindex größer 1 wird von einem Baulaser durchleuchtet. Eintrittsstelle und Eintrittswinkel werden systematisch variiert.
3	Erweiterung des Experiments	Modell einblenden	Die Oberfläche, auf der sich die Halbkreisscheibe und die Leuchtspur des Baulasers befinden, wird im AR-Modus des GeoGebra 3D Grafikrechners erkannt.
4	Überlagerung des Experiments	Modell ausrichten	Die virtuelle Halbkreisscheibe wird auf die reale geschoben und an ihr ausgerichtet. Mit Schiebereglern werden Einfallswinkel und Eintrittsstelle im Modell an die realen Gegebenheiten angepasst.
5	Vergleich der Ergebnisse	Modell überprüfen	Der virtuelle Lichtweg stimmt für verschiedene Einfallswinkel und Eintrittsstellen mit dem realen überein, wenn ein Brechungsindex von 1,5 eingestellt wird. Das entspricht ungefähr dem Literaturwert des verwendeten optischen Mediums.
6	Reflexion des Modells	Grenzen erkennen	Das Modell enthält nur den gebrochenen Lichtweg. Zu den in der Realität beobachtbaren Phänomenen Reflexion und Totalreflexion können keine Aussagen gemacht werden.

Tab. 1: Erläuterungen der Phasen und Aktivitäten während eines AR-Experiments mit GeoGebra anhand des Beispiels zur Brechung (softwarespezifische Phasen in grau)

Bei markerbasierten AR-Anwendungen (mit Triggerobjekt) entfallen die Phasen 3 und 4, was dazu führt, dass sich die virtuellen Objekte automatisch an einer vordefinierten Stelle im Raum befinden (Stinken-Rösner, 2019). Das erleichtert zwar die Bedienung, gleichzeitig entfällt jedoch oft die Notwendigkeit oder gar die Möglichkeit, mit den virtuellen Objekten zu interagieren und ihre Position, Form und Inhalt manuell zu verändern. Die Übertragung und Visualisierung von Echtzeit-Messdaten wird ebenfalls genutzt, um mithilfe von AR das Lernen zu erleichtern (Kapp et al., 2019). Allerdings findet hierbei eine *Virtualisierung* von realen Inhalten statt und kein Vergleich von rein virtuellen Inhalten (Modellhypothesen) mit dem realen Experiment (Messergebnisse). Genau diese Aktivitäten sollten jedoch für einen reflektierten Umgang mit Modellen und ihrer Überprüfung anhand von realen Situationen möglich sein (s. Abb. 1).

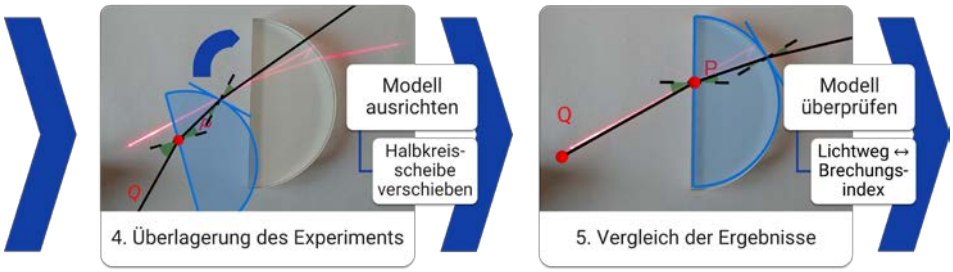


Abb. 1: Bildschirmaufnahmen zweier Phasen eines AR-Experiments mit GeoGebra

Daran knüpfen die Fragestellungen an, die im Rahmen der Evaluation untersucht wurden:
- Wie handeln Studierende in den einzelnen Phasen des AR-Experiments mit GeoGebra?
- Welche Mehrwerte für das Lernen nennen Studierende nach der Durchführung des AR-Experiments?

Methoden

Die Studierenden befolgten in Zweiergruppen Anweisungen zur Bedienung der App und Durchführung des AR-Experiments. Ihre Aktivitäten am Tablet wurden dabei aufgenommen. Anhand von zehn Bildschirmvideos fand eine Einschätzung der Performanz in den Gruppen während des AR-Experiments statt. Die Anleitung stellte sicher, dass alle Phasen eigenständig durchlaufen wurden. Es ergaben sich allerdings Unterschiede, was die Qualität der Durchführung angeht. Für jede der sechs Phasen wurde nach festen Kriterien bestimmt, ob der Gruppe die Aktivität überhaupt nicht (0), teilweise (1) oder voll und ganz (2) gelingt.

Nach der Durchführung des AR-Experiments fand eine offene Befragung der Studierenden statt (n = 21). Sie wurden aufgefordert, ihre eigene Lernhandlung zu reflektieren und daraufhin Mehrwerte der „Überlagerung des Experiments mit dem Modell“ zu benennen (36 Einzelaussagen). Der Inhalt wurde analysiert und kategorisiert, wobei die zehn Antwortkategorien induktiv aus dem Material entwickelt wurden nach Mayring (2015).

Ergebnisse

Die Teilnehmenden hatten keine Erfahrung mit der Durchführung eines AR-Experiments mit GeoGebra, sodass für die Erkennung der Oberfläche mit der App mehrere Anläufe nötig waren, bis das Prinzip verstanden wurde und zur nächsten Phase übergegangen werden konnte (s. Abb. 2, Erweiterung des Experiments). Die Ausrichtung der virtuellen Halbkreisscheibe und ihre Anpassung an die reale machte hingegen keine Schwierigkeiten (Überlagerung des Experiments). Bei der Variation des Lichtwegs im Experiment wurde mehrheitlich keine Variablen-Kontroll-Strategie (VKS) eingehalten (Durchführung des Experiments), wobei die Einstellung des Lichtwegs im Modell (Arbeit mit dem Modell) keine Probleme bereitet hat.

Anhand der relativen Häufigkeiten der Mehrwerte wurde deutlich, dass die angedachten Ziele des AR-Experiments zwar erkannt und genannt werden (ersten drei Nennungen), aber diese Erkenntnis oberflächlich ist. Das macht sich dadurch bemerkbar, dass außerdem häufig *Messung vereinfachen* genannt wird und nur selten *Idealisierungen erkennen* oder *Hypothesen überprüfen*.

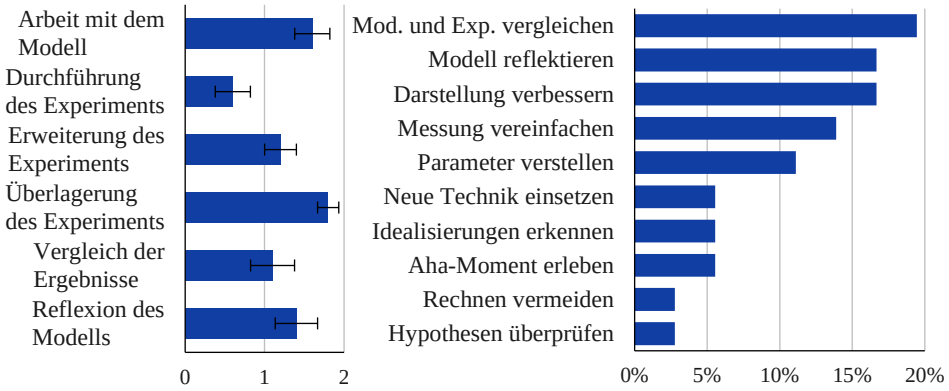


Abb. 2: Mittlere Performanz (links) und relative Häufigkeit genannter Mehrwerte (rechts)

Diskussion

Der Einsatz des AR-Experiments hat gezeigt, dass technikbedingte Schwierigkeiten den Lernprozess hemmen. Inhaltunabhängige Übungsphasen mit der App müssen eingebaut werden, bevor neue Inhalte mit dieser Technik vermittelt werden. Es wurde außerdem deutlich, dass die eigenständige Anwendung der VKS und die Kenntnis des Zwecks von Modellen nicht bei allen Lernenden vorausgesetzt werden können. Das Ziel des Einsatzes der neuen Technik muss zuvor auf der Metaebene explizit deutlich gemacht werden.

Literatur

Erb, R. (2016). *Optik mit GeoGebra*. Berlin, Boston: De Gruyter.

Kapp, S., Thees, M., Strzys, M. P., Beil, F., Kuhn, J., Amiraslanov, O., … Wehn, N. (2019). Augmenting Kirchhoff's laws: Using augmented reality and smartglasses to enhance conceptual electrical experiments for high school students. *The Physics Teacher*, *57*(1), 52–53.

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: (Jahrgangsstufe 10), Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004* (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.). München: Luchterhand in Wolters Kluwer Deutschland.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Springer.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim Basel: Beltz Verlag.

Muth, L., & Erb, R. (2018). Influence of the Postprocessing-Phase of an Experiment in the Physics Classroom. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education* (S. 438–447). Dublin, Ireland: Dublin City University.

Stinken-Rösner, L. (2019). Vom Luftballon zum Van-de-Graaff-Generator. Experimente zur Elektrostatik mit Augmented-Reality Erweiterung. *Unterricht Physik*, *30*(171), 25–29.

Teichrew, A., & Erb, R. (2019a). Implementierung modellbildender Lernangebote in das physikalische Praktikum. In *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018*. Würzburg.

Teichrew, A., & Erb, R. (2019b). Videobasierte Analyse des Lernens mit dynamischen Modellen. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 464). Universität Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018.

Teichrew, A., Erb, R., Wilhelm, T., & Kuhn, J. (2019). Elektrostatische Potentiale und Felder im GeoGebra 3D Grafikrechner. *Physik in unserer Zeit*, *50*(5), 254–255.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B., & Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz—Ein computergestützter Experimentiertest. *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *15*(1), 26–48.

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 41–57.

Winkelmann, J., & Erb, R. (2018). Der Einfluss von Schüler- und Demonstrationsexperimenten auf den Lernzuwachs in Physik. *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *1*(17), 21–33.

Sebastian Keller
Sebastian Habig
Stefan Rumann

Universität Duisburg-Essen

Förderung internaler Modellbildung in Chemie durch Augmented Reality

Ausgangslage

Bei der Kommunikation über naturwissenschaftliche Inhalte bedient man sich typischerweise multipler externer Repräsentationsformen – so auch bei der Vermittlung der organischen Chemie. Beim Erlernen sind Lernende hier mit einer Vielzahl verschiedener Darstellungsformen wie Strukturformeln, Keilstrich-Formeln oder Kugelstab-Modellen konfrontiert, die zwar dasselbe Molekül repräsentieren, jedoch unterschiedliche Abstraktionsebenen bedienen. Hinzukommt, dass organisch-chemische Verbindungen dreidimensional gedacht werden müssen, um ihre Eigenschaften und ihr Reaktionsverhalten zu verstehen, was hohe Anforderungen an das räumliche Vorstellungsvermögen und das mentale Rotieren stellt. Somit ist das Erlernen organisch-chemischer Inhalte für Lernende sehr anspruchsvoll. Dieser Beitrag stellt ein Forschungsprojekt vor, das die Nutzung von Augmented Reality untersucht, um den aufgeworfenen Schwierigkeiten zu begegnen.

Theoretischer Rahmen

Instruktionsmaterialien wie z.B. Lehrbücher gelten als externe Repräsentationsformen. Informationen z.B. aus Texten oder Abbildungen werden über die Sinnesorgane wahrgenommen und gemäß der *Dual-Coding-Theory* von Paivio (1990) und dem *Modell des integrierten Text-Bild-Verstehens* von Schnotz und Bannert (2003) zunächst getrennt voneinander im Arbeitsgedächtnis verarbeitet. Bei gelingender Verarbeitung gelangen die Lernenden somit von externen Repräsentationen zu einem internalen Modell. Im Rahmen der Verarbeitung erfolgt ein inhaltlicher Abgleich zwischen den verbalen Repräsentationen sowie den bildlichen Repräsentationen, sodass sich beide Repräsentationsformen inhaltlich ergänzen können, was sich förderlich auf die Modellbildung auswirken kann (Ainsworth, 2006; Rau, 2017). Sobald mehrere Formen externer Repräsentationen dargeboten und quasi simultan verarbeitet werden, spricht man von multiplen externen Repräsentationen.

Die Verarbeitung der externen Repräsentationen erfolgt im Arbeitsgedächtnis basierend, auf den Annahmen der *Cognitive Load Theory*. Diese differenziert die kognitive Anstrengung beim Lernen in die intrinsische und extrinsische Belastung sowie den germane load (Sweller, 2011). Bei der Gestaltung von Instruktionsdesigns und der Darbietung multipler externer Repräsentationen ist darauf zu achten, dass die extrinsische Belastung beim Lernen möglichst gering gehalten wird, damit ein möglichst hoher Anteil der kognitiven Kapazität für das Lernen selbst aufgewendet werden kann (germane load).

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und der weiten Verbreitung mobiler Endgeräte bieten sich auch für Instruktionsdesigns neue Perspektiven, die extrinsische Belastung beim Erlernen der organischen Chemie zu reduzieren.

Die Technik Augmented Reality (AR) ermöglicht es, die Realwelt um dreidimensionale virtuelle Objekte zu erweitern und mit diesen zu interagieren (Herber, 2012). Im Falle einer markerbasierten AR wird durch die Kamera eines Smartphones oder Tablets ein Marker (z.B. eine Abbildung in einem Lernmaterial) erfasst und ein vordefiniertes dreidimensionales Objekt über dem jeweiligen Marker auf dem Bildschirm dargestellt.

Per Fingerbewegung lassen sich die Objekte in ihrer Darstellungsgröße variieren und frei im Raum rotieren. Ebenso können Animationen eingebunden werden.

Empirische Untersuchungen über die Potentiale von AR im Bildungskontext belegen eine Steigerung des Lernerfolges, einhergehend mit einem tieferen Verständnis des Lerninhaltes (Lindgen & Moshell, 2011; Ibánez & Delgado-Kloos, 2018). Ebenso konnten Lernende Lerninhalte nach AR-Nutzung länger abrufen als Vergleichsgruppen (Vincenzi et al., 2003). Studien zeigen weiterhin, das räumliche Vorstellungsvermögen mittels AR fördern zu können (Lindgen & Moshell, 2011; Ibánez & Delgado-Kloos, 2018). Ebenso wurde eine Steigerung der Lernmotivation durch die AR-Nutzung sichtbar (Martin et al., 2012).

Forschungsfragen und Design im Gesamtprojekt

Bisher ist wenig über die Wirkungen des Einsatzes von AR im Kontext der Chemie bekannt. Daher sollen im Rahmen dieses Projekts folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

FF1: Wirken sich AR-unterstützte Lernmaterialien zur organischen Chemie im Vergleich zu klassischem Text-Bild-Lernmaterial förderlich auf den Lernzuwachs von Chemiestudierenden aus?
FF2: Wird eine lernförderliche Wirkung (siehe FF1) durch die Fähigkeit des mentalen Rotierens von Lernenden moderiert?
FF3: Führt die Nutzung von AR-unterstützten Lernmaterialien zur organischen Chemie im Vergleich zu klassischem Text-Bild-Lernmaterial zu geringerer kognitiver Belastung beim Lernen?
FF4: Führt die Nutzung von AR-unterstützten Lernmaterialien zur organischen Chemie im Vergleich zu klassischem Text-Bild-Lernmaterial zu höherem situationalen Interesse bei Studierenden?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen werden zwei Interventionsstudien durchgeführt. Eine erste Erhebung ist inhaltlich und zeitlich in die Vorlesung Organische Chemie II an der Universität Duisburg-Essen eingebunden, an der rund 60 Studierende im dritten Fachsemester teilnehmen. Mittels eines Prä-Tests werden zu Beginn des Semesters demografische Daten, zwei Skalen des kognitiven Fähigkeitstests, 12 Items zur Fähigkeit des mentalen Rotierens sowie das Fachwissen erhoben. Das Fachwissen wurde hierbei über eine allgemeine Skala zur organischen Chemie sowie mit trainingsspezifischen Items zu den Inhalten der Stereochemie, Carbonylverbindungen und pericyclischen Reaktionen erhoben.
An drei Terminen werden über das Semester verteilt Interventionen im Experimental-Kontrollgruppen-Design durchgeführt. Zu den drei genannten Inhalten wurden Text-Bild-Lernmaterialien entwickelt, die sich an gängigen Hochschullehrbüchern zur organischen Chemie orientieren (insb. Schmuck, 2018). Die Studierenden beider Gruppen bearbeiten während der Interventionstermine ca. 60 Minuten lang das jeweils inhaltlich identische Lernmaterial in Einzelarbeit. Die Experimentalgruppe nutzt zusätzlich AR mittels der eigenentwickelten App *ARC* (Habig, 2019) auf einem iPad. Über die Kamera des iPads werden ausgewählte zweidimensionale Abbildungen aus dem Lernmaterial eingelesen und dreidimensional dargestellt bzw. animiert. Für das Thema der Stereochemie sind beispielsweise 22 Abbildungen AR-fähig, von denen 14 Modelle per Fingerbewegung auf dem Display manipuliert werden können. Bei weiteren 8 Modellen handelt es sich um dreidimensionale Animationen.
Im Anschluss an die Bearbeitungsphase ist ein 30-minütiger Posttest für beide Gruppen vorgesehen. Neben den 15 Fachwissensfragen aus dem Prä-Test zum jeweiligen Inhalt der Interventionssitzung sind Fragen zur kognitiven Belastung bei der Bearbeitung des Lernmaterials (nach Klepsch, 2017) und dem situationalen Interesse enthalten (Rheinberg et al., 2001). Die Experimentalgruppe wird außerdem mittels eines Fragebogens von Brooke (1996) zur Benutzerfreundlichkeit der App *ARC* befragt.

Vorstudie

Vor der Durchführung des oben dargestellten Forschungsvorhabens wurde eine explorative Machbarkeitsstudie mit *N=22* Chemielehramtsstudierenden (11 männlich; 11 weiblich) des zweiten Fachsemesters durchgeführt. Hierbei wurde das Ziel verfolgt, technische Verbesserungspotentiale im Instruktionsdesign und der AR zu identifizieren sowie die kognitive Belastung bei der AR-Nutzung zu erheben. Zunächst wurde die Fähigkeit des mentalen Rotierens mit dem *Purdue Visualization of Rotations Test* (Bodner & Guay, 1997) erhoben. Im Rahmen einer rund 60-minütigen Bearbeitungsphase bearbeiteten die Studierenden ein AR-fähiges Lernmaterial zum Fachinhalt der nucleophilen Substitutionsreaktionen. Hierbei konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mittels der App *ARC* auf dem bereitgestellten iPad insgesamt 24 Abbildungen im Lernmaterial (davon 10 als Animationen) dreidimensional betrachten. Nach der Bearbeitung wurde die kognitive Belastung beim Bearbeiten auf einer 6-stufigen Likert-Skala (nach Klepsch, 2017) und die Benutzerfreundlichkeit (nach Brooke, 1996) der App *ARC* auf einer 5-stufigen Likert-Skala erhoben. Abschließend wurden alle Studierenden in leitfadengestützten Einzelinterviews über ihr Nutzungsverhalten oder mögliche Verbesserungspotentiale der AR befragt.

Ergebnisse der Vorstudie

Zu Beginn der Auswertung wurde eine Reliabilitätsanalyse der Skalen der kognitiven Belastung und des System Usability Scales durchgeführt. Die Items für die intrinsische Belastung weisen mit einem $\alpha_{Cronbach}$ = .886 eine gute und die Items für die extrinsische Belastung mit $\alpha_{Cronbach}$ = .789 eine akzeptable Reliabilität auf. Die Reliabilität der Skala zum germane load ist mit $\alpha_{Cronbach}$ = .418 niedrig. Die System Usability Scale weist mit $\alpha_{Cronbach}$ = .919 eine exzellente Reliabilität auf.

Auf einer Skala von 1-6 wurde die intrinsische Belastung mit *M = 3,29* als mittelmäßig angegeben. Der geringste Anteil kognitiver Belastung entfällt mit *M = 2,05* auf die extrinsische Belastung. Mit *M = 5,23* entfällt der höchste Anteil der hier gemessenen kognitiven Belastung auf den germane load.

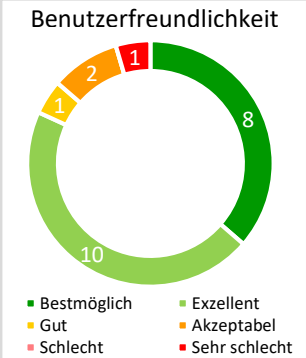


Abbildung 1: Benutzerfreundlichkeit

Über die 10 Items des System Usability Scales lässt sich für jeden Teilnehmenden ein sog. Usability Score berechnen [Skala: 0, niedrig – 100, hoch]. Im Mittel der 22 Teilnehmenden wurde ein Usability Score von *M = 82,69* ermittelt. Abhängig von der Ausprägung des Usability-Scores, lässt sich dieser kategorisieren. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der erreichten Usability-Scores.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Vorstudie zeigen auf, dass der Fachinhalt der nucleophilen Substitutionsreaktionen von den Teilnehmenden als mittelmäßig schwer eingeschätzt wurde (intrinsische Belastung). Die Angaben der geringen extrinsischen Belastung deuten an, dass es gelungen ist, ein AR-basiertes Instruktionsdesign zu entwickeln, das nur eine geringe extrinsische Belastung hervorruft. Dieser Eindruck wird durch die erhobene Benutzerfreundlichkeit der verwendeten App *ARC* bestätigt. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist durch die geringe Probandenzahl limitiert. Dennoch erscheint AR als eine potentialträchtige Erweiterungsmöglichkeit für Instruktionsdesigns der organischen Chemie. Diesen Eindruck empirisch zu validieren und basierend auf den aufgeworfenen Forschungsfragen detailliert zu untersuchen ist Gegenstand der oben beschriebenen Interventionsstudien.

Literatur

Ainsworth S. (2006). DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. In: *Learning and Instruction, 16*(3). S. 183-198.

Bodner, G. M. & Guay, R. B. (1997). The Purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1–17.

Brooke J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval Ind. 1996;189*(4).

Habig, S. (2019). Augmented Reality Chemistry–Förderung internaler Modellrepräsentation in Organischer Chemie durch AR. In *Proceedings of DELFI Workshops 2019*. Gesellschaft für Informatik e.V..

Herber, E. (2012). Augmented Reality - Auseinandersetzung mit realen Lernwelten In: *Zeitschrift für E-Learning*, Themenheft 03/2012.

Ibánez, M.B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic review. In: *Computer and Education, 123* (2018). S. 109-123.

Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of two Instruments Measuring Instrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. In: *Frontiers in Psychology*. 8.

Lindgren, R. & Moshell, J.M. (2011). Supporting children´s learning with body-based methaphors in a mixed reality environment. In: *Proceedings of the 10th int. Conference on Interaction Design and Children*. ACM-Press 2011.

Martín, S., Díaz, G., Cáceres, M., Gago, D., & Gilbert, M. (2012). A mobile augmented Reality Gymkhana for improving technological skills and history Learning: Outcomes and some Determining Factors. In Bastiaens, T. & Marks, G. (Eds.) *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education* 2012. S. 260-265.

Paivio, A. (1990). Mental representations: A dual coding approach: Oxford University Press.

Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, *29*(4), 717–761.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B.D. (2001). Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Universität Potsdam.

Schmuck, C. (2018). Basisbuch Organische Chemie. Hallbergmoos: Pearson-Deutschland.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Interest in Learning, Learning to Be Interested, 13*(2), 141–156.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. New-York City: Springer-Verlag.

Vincenzi, D.A., et. al. (2003). The effectiviness of cognitive elaboration using AR as a training and learning paradigm. In: *Annual meeting of the human factors and ergonomics society*, Denver, USA. p. 2054-2058.

Hendrik Härtig[1]
Mathias Ropohl[1]
Julia Schwanewedel[2]
Lorenz Kampschulte[3]
Anke Lindmeier[4]
Anje Ostermann[4]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Humboldt-Universität zu Berlin
[3]Deutsches Museum München
[4]Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Mediennutzung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Theoretischer Hintergrund

Beim Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht nehmen Medien eine wichtige Rolle ein, sind sie doch „einerseits kognitive und andererseits kommunikative Werkzeuge zur Verarbeitung, Speicherung und Übermittlung von zeichenhaften Informationen“ (Petko, 2014, S. 13). Durch die Entwicklung und zunehmende Verfügbarkeit sogenannter „neuer“ Medien haben sich weitere Potenziale des Medieneinsatzes ergeben (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014). Im Fokus (inter)nationaler Untersuchungen, dominierten Fragen nach der Medienausstattung, der Einsatzhäufigkeit einzelner Medien oder der Akzeptanz einzelner Medien durch Lehrkräfte (Bos et al., 2014). Wenig beachtet wurde, welche Funktionen die jeweiligen Medien im Hinblick auf das Lernen in einem konkreten Fach einnehmen (Eickelmann, Lorenz & Endberg, 2017). Hier setzt die Befragung auf Basis theoretischer Überlegungen zum Medieneinsatz im Fach (Ropohl, Lindmeier, Härtig, Kampschulte, Mühling & Schwanewedel, 2018) an. Wir danken dabei der Joachim Herz Stiftung für die Finanzierung des rahmenden Projekts „MiU“.

Ziel der Untersuchung und Forschungsfragen

Mittels einer Lehrkräftebefragung wurde die Nutzung von Medien in der Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts zunächst deskriptiv untersucht. Darüber hinaus war beabsichtigt, die dem Medieneinsatz zugeschriebenen Funktionen im Vergleich zwischen den Fächern zu beschreiben. Die hier berichteten Befunde gehen dabei zunächst auf drei Forschungsfragen ein:

(1) In welchem Umfang werden vorhandene Medien genutzt?
(2) Inwiefern sind schulische Rahmenbedingungen zufriedenstellend?
(3) Welche Funktionen schreiben Lehrkräfte dem Medieneinsatz zu?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Fragebogenuntersuchung durchgeführt. Der Fragebogen wurde gemeinsam mit der Biologie-, Chemie-, Mathematik- und Physikdidaktik konzipiert sowie um eine Variante für außerschulische Lernorte ergänzt. Eine vergleichbare, teilweise gleiche Fragengestaltung ermöglicht es, die Befunde in den Unterrichtsfächern miteinander in Beziehung zu setzen. Die Lehrkräfte wurden sowohl online wie auch offline befragt, der Kontakt erfolgte per Email im Rahmen von bestehenden Projekten und Kooperationen, sowie auf Tagungen und Weiterbildungen persönlich. Die Stichprobe ist damit nicht repräsentativ, es finden sich zum Beispiel deutliche Klumpen in den Ländern Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen (Tabelle 1). Jede Lehrkraft konnte den Bogen für eines oder mehrere Fächer ausfüllen. Eine Lehrkraft für Biologie und Chemie konnte den Bogen beispielsweise nur für das Fach Biologie, nur für das Fach Chemie oder für beide Fächer ausfüllen. Im Folgenden konzentriert sich der Beitrag auf diejenigen Lehrkräfte, die den Fragebogen vollständig für ein Fach ausgefüllt haben, dies trifft insgesamt auf $N = 189$ Personen zu. In der Stichprobe waren keine Effekte der Schulform, der Berufserfahrung oder des Geschlechts auf die Antworten nachweisbar.

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung

		Bundesland			Schulform		
	Häufigkeit	NRW	SH	sonstiges	Gymnasium	Gesamtschule mit	sonstiges
Biologie	53	27	12	14	37	13	3
Chemie	54	33	14	7	30	15	9
Physik	82	32	12	38	53	22	7
Gesamt	189	92	38	59	120	50	19
		Berufserfahrung				Geschlecht	
	Häufigkeit	0-5 Jahre	6-10 Jahre	11-20 Jahre	>20 Jahre	männlich	weiblich
Biologie	53	14	12	15	12	19	34
Chemie	54	10	14	15	15	27	27
Physik	82	13	21	20	28	59	23
Gesamt	189	37	47	50	55	105	84

Bezogen auf die drei Fächer bestand der Fragebogen aus vier Abschnitten: (1) Zunächst wurden die persönlichen Rahmendaten erfasst. (2) Im Anschluss wurde die Lehrkraft gebeten, sich für ein Fach zu entscheiden. Bezogen auf dieses Fach wurde erfragt, welche Medien in welchem Umfang in der Schule zur Verfügung stehen und wie zufrieden die Lehrkräfte mit dieser Ausstattung sind. Die Liste der Medien wurde für die drei Naturwissenschaften im Wesentlichen vergleichbar gehalten. (3) Darüber hinaus sollten die Lehrkräfte für eine durchschnittliche Unterrichtseinheit angeben, wie viele Minuten welches Medium zum Einsatz kommt. Es war die Gesamtminutenzahl für die Unterrichtseinheit vorgegeben, sodass die Lehrkräfte bei ihren Zeitangaben diese Gesamtzeit überschreiten konnten (bei zeitgleicher Mehrfachnutzung mehrerer Medien) oder unterschreiten. (4) Abschließend sollten die Lehrkräfte sich bezogen auf drei exemplarische Medien hinsichtlich der Funktion des Medieneinsatzes äußern (Abbildung 1).

Meine Schülerinnen und Schüler nutzen Modelle oder Modellexperimente im Chemieunterricht …	in keiner oder fast keiner Unterrichts-stunde	in weniger als der Hälfte der Unter-richtsstunden	in mindestens der Hälfte der Unter-richtsstunden	in jeder oder fast jeder Unterrichts-stunde
zur modellhaften Beschreibung des Aufbaus von Stoffen und Atomen.	☐	☐	☐	☐
zur Deutung von Stoffeigenschaften auf Teilchenebene.	☐	☐	☐	☐
zur Deutung von Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Verän-derung von Teilchen und des Umbaus chemischer Bindungen.	☐	☐	☐	☐
zum Durchführen von qualitativen und quantitativen Untersuchungen und zum Überprüfen von Hypothesen.	☐	☐	☐	☐

Abbildung 1: Ausschnitt aus der Frage zur Funktion eines bestimmten Mediums beim Lernen

Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage, waren aufgrund der Anlage der Fragen zunächst die Mediennutzungszeiten je Person zu normieren, um hinterher die Lehrkräfte anhand der prozentualen Nutzungszeit eines Mediums im Vergleich zu allen Medien vergleichen zu können. Insgesamt muss festgehalten werden, dass es sehr hohe Varianzen zwischen einzelnen Lehrkräften gibt, die im Mittel die Varianzen zwischen den Fächern übertreffen. Im Vergleich der Fächer zeigen sich für vier Medien fachspezifische Unterschiede (Tabelle 2). Bezogen auf die Verfügbarkeit und Zufriedenheit, als Aspekte der zweiten Forschungsfrage deutet sich bezogen auf digitale Medien in der Tendenz eine Unzufriedenheit der Lehrkräfte an. Allerdings muss einschränkend erwähnt werden, dass hier auch nur nach drei exemplarischen Medien gefragt wurde: Modelle, Computerhardware und Simulationen. Ferner treten hier ebenfalls fachspezifische Befunde auf (Tabelle 3), wobei unklar ist, ob dies mit der Fachkultur oder einer fachspezifischen Ausstattung zu tun hat. Um die dritte Forschungsfrage zu beantworten, wurde ebenfalls für die drei

letztgenannten Medien erfragt, mit welchen Zielen diese im Unterricht genutzt werden. An dieser Stelle ist es wichtig zu betonen, dass aufgrund der sehr niedrigen Anteile digitaler Medien generell (vgl. Tabelle 2) ein Blick eigentlich nur auf die Modelle aussagekräftig ist. Hier zeigen sich aber wiederum – durchaus erwartbare – Fachspezifika. In der Summe liefern die Befunde erste Indizien dafür, dass digitale Medien bis heute trotz vieler Diskussionen und konkreter Vorschläge kaum Einzug in den naturwissenschaftlichen Unterricht gehalten haben. Darüber hinaus deuten sich fachspezifische Nutzungshäufigkeiten und Intentionen an, die in der Zukunft näher in den Blick genommen werden sollten.

Tabelle 2: Prozentualer Anteil eines Mediums an der gesamten Mediennutzungszeit

		ein gegenständliches Modell [1, 2]	eine virtuelle Lernumgebung	ein reales Experiment [1, 2, 3]	ein Smartphone	einen Tablet-PC	ein Notebook	einen Computer/ Desktop PC	einen Overhead-Projektor [1, 2]	eine interaktive Tafel [1, 2]	ein Schulbuch [1, 2]	Cassy, Cobra o. ä.	einen graphischen Taschenrechner (mit Sensoren)
Biologie	MW	16,28	3,46	21,05	1,67	2,25	5,99	7,16	9,76	4,11	24,51		
	StAb	11,30	6,96	13,00	3,80	8,02	13,20	11,14	11,00	10,80	17,73		
Chemie	MW	7,20	3,66	40,48	3,31	2,25	4,55	4,99	3,79	10,58	17,33		
	StAb	7,64	7,18	19,20	5,71	7,24	10,06	8,50	7,10	16,01	17,41		
Physik	MW	9,85	4,76	32,26	2,37	2,44	2,77	8,17	2,69	13,73	13,75	1,36	2,69
	StAb	11,35	8,93	20,32	5,07	9,97	6,58	12,31	5,32	23,44	13,49	5,31	5,32

Legende: 1-sign. Zwischen Biologie & Chemie; 2-sign. Zwischen Biologie & Physik; 3-sign. Zwischen Chemie & Physik

Tabelle 3: Verfügbarkeit und Zufriedenheit

	für alle immer verfügbar	als mobiler Klassensatz verfügbar	im Fachraum verfügbar	einzelne verfügbar	nicht verfügbar	sehr zufrieden	eher zufrieden	eher unzufrieden	sehr unzufrieden
	Modelle & Modellexperimente					Modelle & Modellexperimente			
Biologie	7,5	3,8	20,8	67,9	0	13,2	54,7	28,3	3,8
Chemie	11,3	3,8	30,2	50,9	3,8	10	44	44	2
Physik	9,9	1,2	33,3	51,9	3,7	7,9	53,9	30,3	7,9
	PC & Laptop [1]					PC & Laptop			
Biologie	3,8	23,1	34,6	28,8	9,6	6,1	36,7	46,9	10,2
Chemie	13,2	26,4	39,6	15,1	5,7	13,5	38,5	34,6	13,5
Physik	26,5	19,1	2,9	27,9	23,5	12,7	30,2	34,9	22,2
	virtuelle Lernumgebung [2, 3]					virtuelle Lernumgebung [2]			
Biologie	1,9	9,4	30,2	3,8	47,2	4	20	64	12
Chemie	3,9	13,7	29,4	17,6	35,3	13,3	23,3	50	13,3
Physik	8,9	12,7	55,7	7,6	15,2	17,6	41,2	35,3	5,9

Legende: 1-sign. Zwischen Biologie & Chemie; 2-sign. Zwischen Biologie & Physik; 3-sign. Zwischen Chemie & Physik

Tabelle 4: Funktion des Medieneinsatzes im Falle von Modellen

		Untersuchungen durchführen [2, 3]	Daten erheben [2, 3]	Regeln herausfinden [2,	Strukturen analysieren [1, 2, 3]	Fragen beantworten	Veranschaulichen	Modell reflektieren	Modellgrenzen diskutieren [1, 3]	…
Biologie	MW	1,79	1,55	1,66	1,85	2,45	2,47	2,32	2,26	…
	StAb	0,77	0,57	0,68	0,77	0,80	0,85	0,73	0,76	…
Chemie	MW	1,88	1,51	1,56	1,55	2,44	2,65	2,04	1,90	…
	StAb	0,83	0,62	0,68	0,65	0,82	0,78	0,71	0,72	…
Physik	MW	2,21	2,14	2,55	2,19	2,63	2,71	2,50	2,07	…
	StAb	0,92	0,93	0,89	0,88	0,79	0,78	0,89	0,81	…

Legende: 1-sign. Zwischen Biologie & Chemie; 2-sign. Zwischen Biologie & Physik; 3-sign. Zwischen Chemie & Physik

Literaturverzeichnis

Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., ... Wendt, H. (Hrsg.). (2014). *ICILS 2013: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich.* Münster: Waxmann.

Eickelmann, B., Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf die MINT-Fächer. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017* (S. 231-260). Münster: Waxmann.

Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (Hrsg.). (2014). *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien.* Weinheim, Basel: Beltz.

Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A. & Schwanewedel, J. (Hrsg.) (2018). *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Christian Förtsch
Julia S. Meuleners
Tobias Riggenmann
Birgit J. Neuhaus

LMU München

Digitalisierung von Biologieunterricht – Gelingensbedingungen für effektiven Unterricht

Digitalisierungsprozesse prägen vermehrt die moderne Gesellschaft. Auch im schulischen Kontext steht zunehmend der Einsatz digitaler Medien im Fokus (Hillmayr et al., 2017; Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, 2019). Fischer et al. (2015) haben bereits in einem systematischen Review berichtet, dass der qualitativ hochwertige Einsatz digitaler Medien einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern hat. Allerdings ist bisher noch nicht vollständig geklärt, wie digitale Medien in den naturwissenschaftlichen und insbesondere in den Biologieunterricht qualitätssteigernd eingebunden werden sollten, um wirklich einen Mehrwert zu erzielen.

Unterrichtsqualität – Einsatz digitaler Medien

Im Rahmen empirischer Studien im Bereich der Unterrichtsqualitätsforschung wurden bereits Merkmale von effektivem Biologieunterricht identifiziert (eine Übersicht siehe Dorfner et al., 2017). Bezogen auf den Einsatz digitaler Medien gibt es aber bisher noch kaum Konzepte, wie deren Potential für den Biologieunterricht nutzbar gemacht werden kann (u. a. Stürmer & Lachner, 2017) und dementsprechend Unterricht mit digitalen Medien effektiv gestaltet werden kann. Einen Ansatz hierzu können das *Interaktiv-Konstruktiv-Aktiv-Passiv*-Modell (ICAP; Chi & Wylie, 2014) und das *Substitution-Augmentation-Modification-Redefinition*-Modell (SAMR; Puentedura, 2006), sowie das *Replacement-Amplification-Transformation*-Modell (RAT; Hughes et al., 2006) bieten. Das ICAP-Modell beschreibt vier Arten von Lernaktivitäten von Schülerinnen und Schülern, differenziert nach deren kognitiver Aktivierung. Zudem wird davon ausgegangen, dass stärker aktivierende Lernaktivitäten zu einem höheren Lernerfolg führen (Chi & Wylie, 2014). Diese Annahme konnte bereits durch systematische Reviews (z. B. Stegmann & Fischer, 2016) und empirische Studien im Bereich der Biologie (z. B. Förtsch et al., 2017) belegt werden. Demzufolge sollten auch beim Einsatz digitaler Medien im Biologieunterricht kognitiv aktivierende Lernaktivitäten gestaltet werden. Das SAMR- und das RAT-Modell hingegen beziehen sich auf den Grad der Innovation beim Einsatz digitaler Medien: Der Medieneinsatz kann mit Hilfe der vier bzw. drei Stufen der Modelle im Hinblick auf den Mehrwert verglichen mit einem analogen Medium kategorisiert werden (Hughes et al., 2006; Puentedura, 2006). Deskriptive Ergebnisse zur Beschreibung des Biologieunterrichts zeigen, dass digitale Medien derzeit vor allem ohne Ausnutzung des Mehrwerts eingesetzt werden (Kramer et al., 2019). Allerdings fordern Kramer et al. (2019) und Schaal (2017) einen Einsatz des digitalen Mediums auf einer höheren Ebene, um Lehr- und Lernprozesse im Unterricht zu bereichern. Hughes et al. (2006) und Schaal (2017) gehen zudem davon aus, dass der innovative Einsatz digitaler Medien und damit das Erreichen einer höheren Ebene im SAMR- bzw. RAT-Modell, ein hohes Maß an Schüleraktivität voraussetzt. Demzufolge kann vor dem Hintergrund des ICAP Modells davon ausgegangen werden, dass ein solcher Einsatz tatsächlich zu besseren Leistungen führt, auch wenn dies empirisch noch nicht gezeigt werden konnte.

Zusammenfassend kann zur systematischen Einschätzung des Einsatzes digitaler Medien im Biologieunterricht eine Kombination aus beiden Modellen genutzt werden. Dies bietet Lehrkräften eine Konkretisierungshilfe bei der Planung und Reflexion von Unterricht (Kramer et al., 2019).

Professionswissen von Biologielehrkräften als Voraussetzung für den Einsatz digitaler Medien

Für die Umsetzung von Merkmalen der Unterrichtsqualität wird die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften als ausschlaggebend angesehen. Den kognitiven Aspekt dieser Handlungskompetenz bildet das Professionswissen von Lehrkräften (Kunter et al., 2011). Aufbauend auf den Arbeiten von Shulman (1986, 1987) werden in aktuellen *large-scale* Studien vor allem drei Dimensionen unterschieden: Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisch-psychologisches Wissen (PK). CK und PCK werden dabei als fachspezifische Dimensionen angesehen (für eine Übersicht siehe Förtsch, C. et al., 2018). Für den Biologieunterricht konnten Studien bereits zeigen, dass PCK einen Einfluss auf deren Unterrichtsgestaltung und die Schülerleistungen haben (Förtsch et al., 2016; Förtsch, S. et al., 2018; Mahler et al. 2017). Allerdings wird auch davon ausgegangen werden, dass CK indirekt, über PCK mediiert, die Unterrichtsgestaltung beeinflusst (Förtsch, C. et al., 2016; Großschedl et al., 2015; Mahler et al., 2017). Im Hinblick auf den Einsatz von digitalen Medien schlagen Koehler und Mishra (2009) eine Erweiterung des Professionswissens um eine technologiebezogene Komponente vor. Daraus resultierend ergeben sich das technisch-fachliche Wissen (TCK) und das technisch-fachdidaktische Wissen (TPCK), welches das Wissen einer Lehrkraft zum Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht beschreibt. Demzufolge sollten im Fachunterricht neben PCK und CK auch TPCK und TCK einer Lehrkraft eine entscheidende Rolle für den erfolgreichen Einsatz digitaler Medien spielen.

Schulinterne Lerngemeinschaften zur Förderung des Professionswissens und der Unterrichtsqualität

Lehrerfortbildungen bieten eine Möglichkeit, das Professionswissen von Lehrkräften zu erweitern, ihr unterrichtliches Handeln zu verändern und so auch längerfristig Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu fördern (Lipowsky, 2010). Empirische Studien zeigen, dass vor allem eine intensive Kooperation von Lehrkräften für die Weiterentwicklung derer Kompetenzen wirksam ist (u. a. Gräsel et al., 2006). Hierzu bieten sich besonders schulinterne Lerngemeinschaften (learning communities) an. Diese lassen sich als Gruppen von Personen beschreiben, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven mit Unterrichtsqualität beschäftigen und dabei themenbezogen, kooperativ zusammenarbeiten (vgl. Gräsel et al., 2010).

Ziele und Fragestellungen

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts DigitUS (Digitalisierung von Unterricht in der Schule; FKZ: 01JD1830A; siehe Beitrag Stegmann et al. in diesem Band) sollen Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Einsatz digitaler Medien in den MINT-Fächern empirisch überprüft werden. Die hier beschriebene Studie ist Teil des Projekts DigitUS und fokussiert auf Rahmenbedingungen auf Ebene der Lehrkräfte und der Unterrichtsgestaltung im Fach Biologie. Konkret sollen folgende Fragestellungen untersucht werden:

Wie wirken sich schulinterne Lerngemeinschaften zum erfolgreichen Einsatz digitaler Medien auf

a) die Erweiterung des (technischen) Professionswissens von Biologielehrkräften aus?
b) die Unterrichtsqualität bezüglich des Einsatzes digitaler Medien aus?
c) die fachlichen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler aus?

Design der Studie und geplante Stichprobe

Die Fragestellungen der Studie werden durch ein experimentelles Prä-Posttest-Design überprüft. Der Zeitpunkt der Etablierung und Förderung der schulinternen Lerngemeinschaft wird zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe variiert.

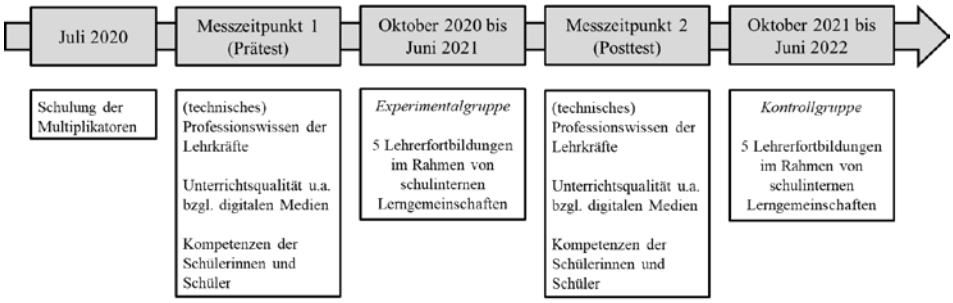


Abb. 1 Design der Studie mit zu erhebenden Variablen bei Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern

Als Prätest und Posttest (Messzeitpunkt 1 bzw. Messzeitpunkt 2), werden das Professionswissen der Lehrkräfte (CK, PCK, PK, TCK, TPCK), die Unterrichtsqualität bezüglich des Einsatzes digitaler Medien sowie die fachliche und naturwissenschaftliche Kompetenz der Schülerinnen und Schüler erfasst. Im Rahmen der Experimentalgruppe werden in Anschluss an den Messzeitpunkt 1 schulinterne Lerngemeinschaften etabliert. Im Rahmen dieser Lerngemeinschaften finden an fünf Terminen Lehrerfortbildungen statt. Die Fortbildungen sollen durch Multiplikatoren, die im Vorfeld der Studie geschult werden, übernommen und durch Wissenschaftler über eine Lernplattform begleitet werden. Die Kontrollgruppe fungiert als Wartegruppe, bei der die schulinternen Lerngemeinschaften erst nach dem zweiten Messzeitpunkt etabliert werden (siehe Abb. 1).

Als Stichprobe sind für die Experimental- und Kontrollgruppe jeweils 30 zufällig ausgewählte bayerische Schulen (Mittel-, Realschulen und Gymnasien) mit allen Klassen der 8. Jahrgangsstufe geplant (jeweils ca. $N_{\text{Klassen}} = 104$). Die schulinternen Lerngemeinschaften werden aus je einem Repräsentanten der Schulleitung, des Sachaufwandsträgers, sowie den IT-Verantwortlichen, einem Multiplikator, dem Fachbetreuer des Fachs Biologie und den Biologielehrkräften der 8. Jahrgangsstufe gebildet.

Lehrerfortbildungen im Rahmen der schulinternen Lerngemeinschaften

Die Fortbildung soll Themen zur Etablierung von Lerngemeinschaften, zu fachunspezifischen Merkmalen eines erfolgreichen Einsatzes digitaler Medien sowie zur Medientechnik und zu Unterstützungssystemen enthalten. Zur erfolgreichen Etablierung von Lerngemeinschaften wird beispielsweise Community Building angesprochen. Der erfolgreiche digitale Medieneinsatz wird z. B. anhand von theoretischen Modellen wie dem ICAP- und SAMR-Modell thematisiert. Darauf aufbauend soll ein Fokus der weiteren Fortbildungen auf fachspezifische Unterrichtsqualität im Fach Biologie gelegt werden und wie diese mit dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht unterstützt werden kann. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche digitale Tools im Fachunterricht und deren Funktionen vorgestellt sowie exemplarisch die Umsetzung von Unterrichtsqualitätsmerkmalen mit Hilfe ausgewählter digitaler Tools geschult.

Literatur

Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist, 49*(4), 219–243. doi:10.1080/00461520.2014.965823

Dorfner, T., Förtsch, C. & Neuhaus, B. J. (2017). Die methodische und inhaltliche Ausrichtung quantitativer Videostudien zur Unterrichtsqualität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Review. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23*(1), 261–285. doi:10.1007/s40573-017-0058-3

Fischer, F., Wecker, C. & Stegmann, K. (2015) *Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule.* Verfügbar unter https://epub.ub.uni-muenchen.de/38343/1/Fischer_Wecker_Stegmann_Medienwirkung_in_der_Schule.pdf

Förtsch, C., Sommerhoff, D., Fischer, F., Fischer, M., Girwidz, R., Obersteiner, A., …Neuhaus, B. J. (2018). Systematizing Professional Knowledge of Medical Doctors and Teachers: Development of an Interdisciplinary Framework in the Context of Diagnostic Competences. *Education Sciences, 8*(4), 207.

Förtsch, C., Werner, S., Dorfner, T., von Kotzebue, L. & Neuhaus, B. J. (2017). Effects of cognitive activation in biology lessons on students' situational interest and achievement. *Research in Science Education, 47*(3), 559–578. doi:10.1007/s11165-016-9517-y

Förtsch, C., Werner, S., von Kotzebue, L. & Neuhaus, B. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education, 38*(17), 2642–2666. doi:10.1080/09500693.2016.1257170

Förtsch, S., Förtsch, C., von Kotzebue, L. & Neuhaus, B. J. (2018). Effects of teachers' professional knowledge and their use of three-dimensional physical models in biology lessons on students' achievement. *Education Sciences*, *8*(3), 118. doi:10.3390/educsci8030118

Gräsel, C. & Fussangel, K. (2010). Die Rolle von Netzwerken bei der Verbreitung von Innovationen. In N. Berkemeyer, W. Bos & H. Kuper (Hrsg.), *Schulreform durch Vernetzung. Interdisziplinäre Betrachtungen* (S. 117-131). Münster: Waxmann.

Gräsel, C., Fußangel, K., & Pröbstel, C. (2006). Lehrkräfte zur Kooperation anregen-eine Aufgabe für Sisyphos?. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(2), 205-219.

Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T. & Glowinski, I. (2015). Preservice biology teachers' professional knowledge: Structure and learning opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, *26*(3), 291–318.

Helmke, A. (2014). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Unterricht verbessern - Schule entwickeln. Seelze-Velber: Klett.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster, New York: Waxmann.

Hughes, J., Thomas, R., & Scharber, C. (2006). Assessing technology integration: the RAT—replacement, amplification, and transformation—framework. In *SITE 2006—proceedings of the society for information technology and teacher education conference. Orlando.* (S. 1616–1620).

Jüttner, M., Boone, W., Park, S. & Neuhaus, B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability, 25*(1), 45–67. doi:10.1007/s11092-013-9157-y

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60–70.

Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B. J. (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht: Eine deskriptive Auswertung einer quantitativen Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. doi:10.1007/s40573-019-00096-5

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf: Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eigenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51–72). Münster: Waxmann.

Mahler, D., Großschedl, J. & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, 1–25. doi:10.1080/09500693.2016.1276641

Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, technology, and education*. Verfügbar unter http://hippasus.com/resources/tte/

Shulman, L. S. (1986). Those who understand. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. *Harvard Educational Review, 57*, 1–22.

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2019). *LehrplanPLUS: Bildungs- und Erziehungsauftrag des Gymnasiums. Gymnasium, Biologie.* Verfügbar unter https://www.lehrplanplus.bayern.de/bildungs-und-erziehungsauftrag/gymnasium/biologie

Stegmann, K., & Fischer, F. (2016). *Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb an der Hochschule*. Verfügbar unter https://epub.ub.uni-muenchen.de/38264/

Stürmer, K., & Lachner, A. (2017). Unterrichten mit digitalen Medien. In K. Scheiter & T. Riecke-Baulecke (Hrsg.), *Schule 4.0 – Edition: Schulmanagement-Handbuch. Lehren und Lernen mit digitalen Medien*, (Bd. 164, S. 82–95). München: Oldenbourg.

Karsten Stegmann[1]
Claudia Nerdel[2]
Maria Bannert[2]
Frank Fischer[1]
Cornelia Gräsel[3]
Martin Lindner[4]
Birgit J. Neuhaus[1]
Karin Oechslein[5]
Stefan Ufer[1]

[1]Ludwig-Maximilians-Universität München
[2]Technische Universität München
[3]Bergische Universität Wuppertal
[4]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[5]Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München

Digitalisierung von Unterricht in der Schule (DigitUS)
Lerngemeinschaften als Instrument der medienbezogenen Schulentwicklung

Problemstellung

Feldstudien deuten darauf hin, dass neben der Computerausstattung weitere Gelingensbedingungen mit dem erfolgreichen Einsatz digitaler Medien im Unterricht zusammenhängen. Diese Studien beachteten ausgewählte Gelingensbedingungen (z.B. Schulleitungshandeln, Lehrerkompetenzen) und liefern korrelative Evidenz. Kausal angelegte Studien aus der Lehr-Lernforschung können zwar Wirkungen nachweisen, allerdings bleibt ihre ökologische Validität oft fragwürdig. Das vorgestellte Projekt „Digitalisierung von Unterricht in der Schule“ (DigitUS) verfolgt daher folgende Ziele: (1) Es wird ein theoretisches Rahmenmodell von Gelingensbedingungen für den erfolgreichen Einsatz digitaler Medien entwickelt und empirisch überprüft. Das Modell verknüpft Gelingensbedingungen auf verschiedenen Ebenen und erlaubt die Analyse komplexer Beziehungen. (2) Das Projekt untersucht am Beispiel der MINT-Fächer, wie der erfolgreiche Einsatz digitaler Medien im Unterricht durch „Lerngemeinschaften“ (kooperative Netzwerke von Lehrerinnen und Lehrern sowie weiteren Akteuren) unterstützt werden kann. Im Rahmen des Projekts werden sowohl schulinterne Lerngemeinschaften als auch schulübergreifende Lerngemeinschaften untersucht und verglichen.

Modell der Gelingensbedingungen der Digitalisierung des Unterrichts

Im Zentrum des zugrundeliegenden Modells stehen Prozess- und Ergebnisdimension der erfolgreichen Nutzung digitaler Medien im Unterricht. Das Modell setzt als zentrales Kriterium für erfolgreichen Unterricht mit digitalen Medien den *Kompetenzzuwachs von Schülerinnen und Schülern* an. Ob digitale Medien einen Effekt auf den Kompetenzerwerb haben und worin dieser besteht, hängt davon ab, wie sie eingesetzt werden und zu welchen Lernaktivitäten der Schüler/-innen sie führen. Stegmann (in Druck) hat hierzu über eine Vielzahl von Metaanalysen zusammengefasst. Die Befunde legen nahe, dass die *Qualität der Nutzung der digitalen Medien im Unterricht* einen großen Effekt auf den Wissens- und Kompetenzerwerb hat. Eine Befund der Schul- und Unterrichtsforschung ist die Bedeutung der Lehrpersonen für die Qualität des Unterrichts (z.B. Baumert & Kunter, 2006). Auch im Hinblick auf den erfolgreichen Einsatz digitaler Medien lässt sich annehmen, dass hierbei *fachliche und fachdidaktische sowie zusätzlich spezifische medienbezogene Lehrkompetenzen* eine bedeutsame Rolle spielen (Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern, 2017). Empirische Studien deuten darauf hin, dass die *Einstellung der Schulleitung* eine entscheidende Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung von Innovationen an Schulen einnimmt (z.B. Gräsel et al., 2008). Als wichtige infrastrukturelle Merkmale können, neben der *Ausstattung mit Hard- und Software, Fortbildungsangebote* gelten, für die bereits Zusammenhänge mit der Nutzung digitaler Medien im Unterricht nachgewiesen wurden (Eickelmann et al., 2014). Darüber hinaus wird dem *mediendidaktischen und technischen IT-*

Support eine große Bedeutung zugeschrieben (vgl. Pelgrum & Doornekamp, 2009). In nationalen und internationalen Vergleichsstudien zeigen sich deutliche Zusammenhänge von außerschulischen Bedingungen (z. B. Migrationshintergrund, Nutzung digitaler Medien durch die Schüler/-innen) mit dem Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern (z. B. Vennemann et al., 2016).

Lerngemeinschaften als Instrument der medienbezogenen Schulentwicklung

Zahlreiche Studien zeigen, dass die wirkungsvolle Implementierung von Innovationen – und als eine solche fungiert im vorliegenden Projekt die erfolgreiche Nutzung digitaler Medien im Unterricht – davon profitiert, wenn Lehrpersonen intensiv kooperieren und durch Problemlösen ihre Kompetenzen weiterentwickeln (vgl. Gräsel, 2014). Lerngemeinschaften sind Gruppen von Personen, die sich aus unterschiedlicher Perspektive mit der Qualität von Schule und Unterricht befassen. Charakteristisch für Lerngemeinschaften ist eine themenbezogene enge Zusammenarbeit im Sinne oben genannter Ko-Konstruktion. Verschiedene Arbeiten zeigen, wie wirkungsvoll diese Gemeinschaften für die erfolgreiche Umsetzung von Innovationen sein können, allerdings wird auch deutlich, dass sie insbesondere in der Anfangszeit Unterstützung benötigen (vgl. Gräsel, 2014). In der Literatur besteht Übereinstimmung darin, dass für eine erfolgreiche Kooperation von Lerngemeinschaften folgende Merkmale verwirklicht sein sollten: (a) Langfristige Zusammenarbeit, (b) Fachbezug, (c) Unterstützung der Lerngemeinschaften/Evidenzbasierung, (d) Multiperspektivität. Diese Kernmerkmale von Lerngemeinschaften werden in Projekten der Schul- bzw. Unterrichtsentwicklung häufig unterschiedlich realisiert. Dabei lassen sich zwei Grundformen unterscheiden: (1) schulinterne Lerngemeinschaften und (2) schulübergreifende Lerngemeinschaften.

Fragestellungen

(1) Inwieweit lässt sich mithilfe der oben dargestellten Bedingungsfaktoren die erfolgreiche Nutzung digitaler Medien im Unterricht vorhersagen?
(2) Inwiefern hat die Etablierung und Förderung schulinterner Lerngemeinschaften Effekte auf die erfolgreiche Nutzung digitaler Medien im Unterricht und inwieweit werden diese Effekte über weitere Bedingungsfaktoren vermittelt?
(3) Inwiefern verbessern schulübergreifende Lerngemeinschaften bei unterschiedlichen Voraussetzungen auf der Ebene der Bildungsadministration die erfolgreiche Nutzung digitaler Medien im Unterricht und werden die hier erwarteten Effekte durch weitere Bedingungsfaktoren beeinflusst?
(4) Welche strukturelle Organisation von Lerngemeinschaft begünstigt die erfolgreiche Nutzung von digitalen Medien im Unterricht und wie wirken sich die unterschiedlichen Bedingungsfaktoren auf Prozesse und Ergebnisse der Lerngemeinschaften aus?

Methode

Das Projekt untersucht die vier Forschungsfragen in vier Teilstudien mit unterschiedlicher Methodik. In *Teilstudie 1* werden zum ersten Messzeitpunkt Zusammenhänge zwischen Bedingungsfaktoren gelingender Digitalisierung auf Ebene von Schule ($N_{Schulen} = 60$) und Lehrkraft ($N_{Lehrkräfte} \approx 900$), der Qualität des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht ($N_{Klassen} \approx 208$) sowie dem Kompetenzerwerb der Schüler/-innen ($N_{Schüler/-innen} \approx 3174$) untersucht. In *Teilstudie 2* werden die Veränderungen von Bedingungsfaktoren durch den Einfluss von schul*internen* Lerngemeinschaften in einem experimentellen Prä-Posttest-Design analysiert (Kontrollbedingung: Wartebedingung). In *Teilstudie 3* werden in einem Prä-Posttest-Design die Nutzung digitaler Medien unter Berücksichtigung veränderter Bedingungsfaktoren durch den Einfluss von schul*übergreifenden* Lerngemeinschaften untersucht

($N_{Lerngemeinschaften} = 6$, $N_{Schulen} = 54$, $N_{Lehrkräfte} \approx 360$, $N_{Klassen} \approx 262$, $N_{Schüler/-innen} \approx 1323$). In Ergänzung zur summativen Analyse kommen qualitative Prozessanalysen zum Einsatz, um erfolgreiche Profile von Bedingungsfaktoren identifizieren zu können. In *Teilstudie 4* werden in einem quasiexperimentellen Prä-Posttest-Design die erfolgreiche Nutzung von digitalen Medien unter Berücksichtigung der Bedingungsfaktoren durch den Einfluss der strukturellen Organisation von Lerngemeinschaften verglichen. Für die Messung der untersuchten Komponenten des theoretischen Modells werden nach Möglichkeit etablierte Instrumente aus nationalen oder internationalen Vergleichsstudien eingesetzt.

Erwartete Erkenntnisse

Das Forschungsvorhaben untersucht wesentliche Aspekte des Forschungsfeldes Gelingensbedingungen von Digitalisierungsprozessen im Bildungsbereich. Die Prüfung des theoretischen Rahmenmodells, das Bedingungsfaktoren auf verschiedenen Ebenen (Ebene der Schuladministration, der Schulnetzwerke, der Schulen, der Lehrpersonen und des Unterrichts) integriert, erweitert den aktuellen Erkenntnisstand substanziell. Insbesondere trägt das Forschungsvorhaben dazu bei, die Frage zu beantworten, welche Bedingungen beeinflusst werden müssen, um den erfolgreichen Einsatz digitaler Medien wirkungsvoll zu unterstützen. Das interdisziplinäre Projekt verbindet die Expertise von Pädagogischer Psychologie und Empirischer Bildungs- und Unterrichtsforschung mit der Expertise verschiedener Fachdidaktiken aus dem MINT-Bereich. Durch die im Projekt realisierten Interventionen wird neuartiges Wissen darüber gewonnen, wie Schulen bei der Digitalisierung wirkungsvoll unterstützt werden können. Das Projekt ist auf Nachhaltigkeit und Transferfähigkeit der Ergebnisse ausgerichtet: Drei Bundesländer sind beteiligt, in Bayern ist das Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) als Projektpartner eingebunden, es besteht eine enge Kooperation mit den zentralen Fortbildungsinstituten aller drei Bundesländer. Die Expertise von Personen aus den Bereichen Schulpraxis und Bildungsadministration von Anfang an auf allen Ebenen mit einbezogen.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469-520.

Eickelmann, B., Schaumburg, H., Drossel, K. & Lorenz, R. (2014). Schulische Nutzung von neuen Technologien in Deutschland im internationalen Vergleich. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, K. Senkbeil, K., R. Schulz-Zander & H. Wendt (2014), *ICILS 2013. Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 197-230). Münster: Waxmann.

Forschergruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern (2017). *Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt*. http://www.merz-zeitschrift.de/dateien/merz_4-17_Kernkompetenzen_Von_Lehrkraeften.pdf

Gräsel, C., Fussangel, K. & Schellenbach-Zell, J. (2008). Transfer einer Unterrichtsinnovation. Das Beipsiel Chemie im Kontext. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 207-218). Münster: Waxmann

Gräsel, C. (2014). Lernumwelten in Schulen. In T. Seidel & A. Krapp (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (S. 407–432). Weinheim: Beltz.

Pelgrum, W. (2008). School practices and conditions for pedagogy and ICT. In *Pedagogy and ICT Use* (pp. 67-120). Springer Netherlands.

Stegmann, K. (in Druck). Effekte digitalen Lernens auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule: Eine Integration metaanalytischer Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik*.

Vennemann, M., Eickelmann, B., Drossel, K., & Bos, W. (2016). Außerschulische Nutzung neuer Technologien durch Jugendliche und der Zusammenhang mit dem Erwerb computer-und informationsbezogener Kompetenzen. In B. Eickelmann, J. Gerick, K. Drossel, W. Bos (Hrsg.), *ICILS 2013: Vertiefende Analysen zu computer-und informationsbezogenen Kompetenzen von Jugendlichen* (S. 168-193). Münster: Waxmann.

Thomas Weatherby[1]
Thomas Wilhelm[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Fabian Beil[3]
Sebastian Kapp[3]
Jochen Kuhn[3]
Michael Thees[3]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]Eberhard Karls Universität Tübingen
[3]TU Kaiserslautern

Visualisierungen bei Simulationen von einfachen Stromkreisen

Einleitung und Theorie

Visualisierungen sind für Physiklehrende und -lernende unentbehrliche Werkzeuge, insbesondere bei unsichtbaren physikalischen Größen wie Stromstärke oder Spannung. Deren wichtige Rolle für naturwissenschaftliches Denken und Lernen ist unstrittig (Mayer, 2009; Paivio, 2008). Vor der Erstellung solcher Visualisierungen zu einfachen Stromkreisen wurde eine Liste von erwünschten Eigenschaften erstellt, die auf verschiedene Theorien zurückgreift. Allgemein kann man eine Darstellung als ein von Vygotsky beschriebenes „kulturelles oder psychologisches Werkzeug“ (Vygotsky, 1978, 1986) betrachten. Solche Darstellungen werden im Unterricht benutzt, um sonst nicht sichtbare Prozesse sichtbar zu machen, wodurch es den Lernenden erleichtert wird, ein Verständnis der dahinterstehenden Gesetzmäßigkeiten und Begriffe zu entwickeln. Ein solches Vorgehen ist nützlich, aber natürlich spielt auch die gesamte Lernumgebung eine Rolle, da für die Interpretation und das Lernen letztendlich verschiedene Prozesse relevant sind. Im vorliegenden Fall geht es um eine Lernumgebung, bei der Lernende Reihen- und Parallelschaltungen praktisch untersuchen. Die hier vorgestellten Darstellungen sollen möglichst eindeutig und verständlich sein.

Um die Verständlichkeit zu erheben, wird die kognitive Belastung (Leppink, Paas, Van der Vleuten, Van Gog, & Van Merriënboer, 2013) erhoben. Die Kernidee der Theorie der kognitiven Belastung besteht darin, dass man eine begrenzte Menge an kognitiven Ressourcen hat, die auf verschiedene Arten beansprucht werden können. Dabei unterscheidet man bei der kognitiven Belastung zwischen drei Arten (Sweller, 1999). Zunächst ist hier der „intrinsic load“ („intrinsische Belastung“) zu nennen, der direkt auf den Lerngegenstand zurückzuführen ist und der in diesem Zusammenhang die empfundene Schwierigkeit beschreibt. Der intrinsic load ist unabhängig davon, wie man ein Thema unterrichtet. Der „germane load“ („relevante Belastung“) entsteht durch den Aufbau neuer kognitiver Schemata, weshalb diesem Belastungstyp eine besondere Bedeutung in Zusammenhang mit Lernprozessen zukommt. Um Lernen zu ermöglichen, sollte für diesen Belastungstyp ein möglichst hoher Anteil an kognitiven Ressourcen zu Verfügung stehen. Der „extrinsic load“ („extrinsische Belastung“) sollte hingegen minimiert werden, indem z.B. Änderungen am Instruktionsdesign bzw. der Lehr- und Lernmaterialien vorgenommen werden (Chandler & Sweller, 1991).

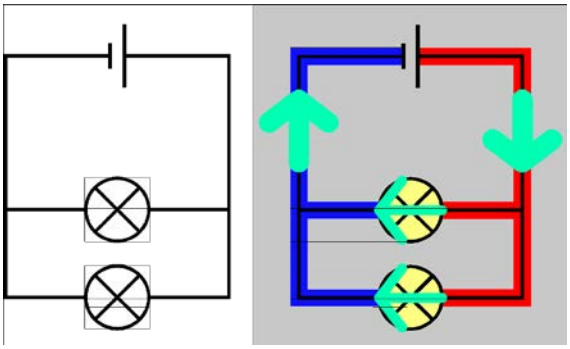
Hinweise dazu, wie Darstellungen lernförderlich gestaltet werden können, finden sich in „Analogical Learning“ von Gentner (Gentner, 1983, 2009; Gentner & Markman, 1997). Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung von Analogien ist, dass der Zielbereich („target domain“) und der Ausgangsbereich („base domain“) über vergleichbare Strukturen verfügen. Ist der Zielbereich den Lernenden bisher unbekannt, können die bestehenden Strukturen des Ausgangsbereichs auf diesen übertragen werden, sofern beide Lernbereiche über eine grundsätzlich vergleichbare Struktur verfügen.

Auf „Analogical Learning“ wurde diSessas „Knowledge-in-Pieces”-Sichtweise aufgebaut (diSessa, 1988, 1993, 2018). Einen zentralen Bestandteil dieser Theorie stellen die von diSessa postulierten “phenomenological primitives” (kurz “p-prims”) dar. Diese “p-prims” beschreiben einzelne, miteinander unvernetzte Wissenselemente über die physikalische Welt. Durch die Aktivierung geeigneter „p-prims“ kann auf Vorstellungen zurückgegriffen werden, die für eine bestimmte Lernsituation hilfreich sein können. Mit Hilfe der im Folgenden beschriebenen Visualisierung sollen so geeignete „p-prims“ aktiviert – Farbdarstellung „Vacuum Impels“ (Saugkraft) und Höhendarstellung „Released Object Falls“ (freie Objekte fallen) (diSessa, 1993) - und ungeeignete Vorstellungen vermieden werden.

Checkliste von erwünschten Eigenschaften (für Lehrkräfte)
Erwünscht sind Darstellungen, die

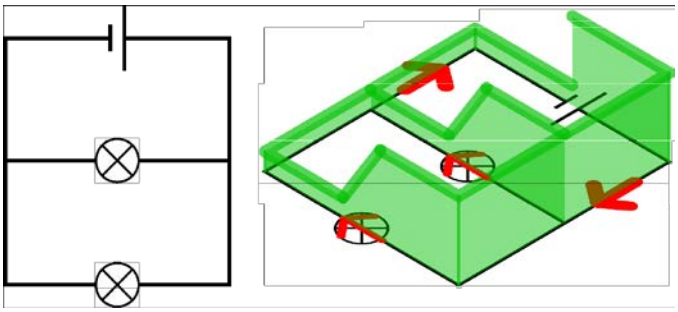
- leicht erkennbar und verständlich sind, um unerwünschte kognitive Belastungen zu minimieren und die damit den Lernenden ermöglichen, an bereits vorhandene Wissensstrukturen anzuknüpfen;
- über eine bekannte Struktur verfügen, deren Eigenschaften auf den Zielbereich übertragbar sind;
- keine physikalisch-falschen Vorstellungen erzeugen;
- vorhandene Schülervorstellungen nicht weiter manifestieren, sondern diese idealerweise in Frage stellen.

Farbdarstellung



In der obigen Darstellung sind alle relevanten physikalischen Größen enthalten: Die Potenziale werden mittels entsprechender Farben und die Stromstärke mittels der Pfeildicke dargestellt. Die Glühbirnchen werden breiter als die Farbmarkierung der Drähte gezeichnet, da sie auf der ganzen Breite als Widerstand wirken. Von den verschiedenen Schaltzeichen, die für Spannungsquellen in Gebrauch sind, wird eines ausgewählt, dass die Potenzialseparation in der Spannungsquelle durch eine räumliche Trennung unterstreicht. Darüberhinausgehende Informationen (wie z.B. bewegte Ladungspakete) werden gezielt vermieden. Der Verzicht auf eine explizite Darstellung von Ladungspaketen geschieht vor allem, um den Lernenden visuell nicht nahezulegen, den Stromkreis aus Sicht des Stroms zu analysieren (Closset, 1983; Shipstone, 1984), auch „sequentielle Argumentation“ (Urban-Woldron & Hopf, 2012). Die Benutzung einer Blau-Rot-Farbskala ist dabei der alltäglichen Konvention entlehnt, dass hohe Werte (z.B. bei der Temperatur) i.d.R. rot und tiefe Werte blau dargestellt werden (vgl. Wasserhähne und Wetterkarten). Daran angelehnt werden in der hier vorgestellten Grafik hohe Potenziale rot und niedrige Potenziale blau eingefärbt. Ein wesentlicher Vorteil der Darstellung besteht auch darin, dass die Schaltskizze erhalten bleibt, wodurch eine potenziell kognitiv-belastenden Transformationen für die Lernenden entfällt.

Höhendarstellung



Die Höhendarstellung des Potenzial ist eine dreidimensionale Darstellungen, die Lernende vor zusätzliche Schwierigkeiten stellen, da die Umwandlung des zweidimensionalen Schaltplans in eine dreidimensionale Höhendarstellung eine zusätzliche kognitive Belastung darstellt (Pillay, 1994). In der Studie wird den Lernenden diese Belastung teils abgenommen, indem die Transformation in einer Computersimulation abläuft, was einen erheblichen Vorteil gegenüber traditionellen Lern- und Lehrmittel darstellt. Eine weitere Besonderheit der Visualisierung ist, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden auf den vorderen Teil der Darstellung gelenkt wird (Pillay, 1998). Dies kann genutzt werden, indem wichtige Aspekte im Vordergrund platziert werden. Die Spannung wird hier durch die Höhe dargestellt. Um Spannungsquelle und Widerstand zu unterscheiden, werden diese unterschiedlich dargestellt. Ladung kann die schiefe Ebene der Widerstände „herunter rutschen“, aber muss an der Spannungsquelle „hochgepumpt“ werden. Um die konstante Höhe der Drähte zu verdeutlichen, wurden verhältnismäßig lange Leiterabschnitte verwendet.

Überblick des Projektes

zk = zeitlich kohärent
rk = räumlich kohärent
Sim. = Simulation
AR = Augmented Reality

	Tablet			HoloLens
	AR		Sim.	AR
	zk	zk+rk	-	zk+rk
AR Messgerät	X	X		X
Höhendarstellung	X	X	X	X
Farbdarstellung	X	X	X	X

Tabelle 1: Überblick der geplanten Experimentalgruppen. Die in diesem Artikel beschriebenen Gruppen sind rot gekennzeichnet.

Die zwei oben vorgestellten Visualisierungen sollen als Simulation im Rahmen des Nebenfachpraktikums auf ihre Wirksamkeit hin empirisch überprüft werden. Die Erhebung stellt einen Teil des größeren Projektes iVOLTAGE - Investigation of Visualisation with Multimedia Learning Technologies for Augmenting Electrical Experiments dar - (siehe Tab. 1). Das Ziel der Studie besteht darin, die kognitive Belastung und Lernförderlichkeit von verschiedene Messmethoden und Darstellungen im Praktikum für Nebenfachstudierende zu erfassen. Langfristig sollen die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu “Best Practice” Vorschläge zusammengefasst werden, damit die Effektivität von Lernmaterialien verbessert werden kann.

Literatur

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, *8*(4), 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

Closset, J.-L. (1983). *Le raisonnement sequentiel en electrocinetique*. Université Paris Diderot (Université Paris VII).

diSessa, A. A. (1988). Knowledge In Pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age* (pp. 49–70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. https://doi.org/10.4324/9781315467139-3

diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, *10*(2–3), 105–225. https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008

diSessa, A. A. (2018). A Friendly Introduction to "Knowledge in Pieces": Modeling Types of Knowledge and Their Roles in Learning. In *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education* (pp. 65–84). https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5_5

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, *7*(2), 155–170. https://doi.org/10.1016/S0364-0213(83)80009-3

Gentner, D. (2009). *The mechanisms of analogical learning*. *Similarity and analogical reasoning*. https://doi.org/10.1017/cbo9780511529863.011

Gentner, D., & Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, *52*(1), 45–56. https://doi.org/10.1037/0003-066X.52.1.45

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, *45*(4), 1058–1072. https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning, second edition*. *Multimedia Learning, Second Edition*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678

Paivio, A. (2008). *Mental Representations: A dual coding approach*. *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195066661.001.0001

Pillay, H. (1994). Cognitive load and mental rotation: structuring orthographic projection for learning and problem solving. *Instructional Science*, *22*(2), 91–113. https://doi.org/10.1007/BF00892159

Pillay, H. (1998). Cognitive processes and strategies employed by children to learn spatial representations. *Learning and Instruction*, *8*(1), 1–18. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(97)00030-3

Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple dc circuits. *European Journal of Science Education*, *6*(2), 185–198. https://doi.org/10.1080/0140528840060208

Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.

Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, *18*, 201–227.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind and Society: The Development of Higher Psychological Processes*. (M. Cole, A. R. Luria, M. Lopez-Morillas, & J. V Wertsch, Eds.), *Harvard University Press*. Cambridge, MA. https://doi.org/(Original manuscripts [ca. 1930-1934])

Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*. (A. Kozulin, Ed.). Cambridge, MA: The M.I.T. Press. https://doi.org/(Original manuscripts [ca. 1930-1934])

Hagen Schwanke Universität Würzburg
Thomas Trefzger

Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I

„Eine gute Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern ist der Schlüssel für die Jobs von morgen.“ (Ben Hartlmaier 2019) In der freien Wirtschaft werden die neuen Technologien **V**irtual **R**eality (kurz VR), und **A**ugmented **R**eality (AR) bereits genutzt. Sei es durch Piloten, die ihren ersten Flug mittels einer VR-Brille absolvieren, oder das Pilotprojekt „Holo Assist“ der DB Systel, bei dem eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Instantsetzung einer Kaffeemaschine mittels AR dem Arbeitendem direkt in das Sichtfeld eingeblendet wird. (Ben Hartlmaier 2019)
Somit ist eine Motivation dieses Projektes, welches im Rahmen eines Promotionsvorhabens entsteht, diese neuen Technologien auch in der Schule einzusetzen und dabei zu untersuchen, ob so Schülervorstellungen entgegengewirkt und die korrekten physikalischen Zusammenhänge gestärkt werden kann.
Durch den Einsatz der AR-Technologie kann man auch einen Mehrwert für den Unterricht erhalten, da z.B. die zur Darstellung von magnetischen und elektrischen Feldlinien benutzten Modelle im Realexperiment nun sichtbar gemacht werden können.

Was ist AR?

Die neuen Technologien „Virtual und Augmented Reality“ (VR/AR) unterscheiden sich in ihrem Grad der Immersion, was in der Fachsprache „Eintauchen“ heißt. Diese beschreibt den Effekt, der hervorgerufen wird, wenn ein Mensch einer Umgebung der Virtuellen Realität (VR) ausgesetzt ist.
VR ist die Umgebung, in welcher der Mensch die Wirklichkeit und ihre physikalische Eigenschaft einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung wahrnimmt. (Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino 1994)
Mit Hilfe von Augmented Reality (AR) kann die reale Lernumgebung bzw. das Realexperiment eines Schülers gezielt mit computergenerierten Informationen überblendet werden. Somit können zeitlich verändernde Abläufe dargestellt werden, z.B. die Veränderung eines Magnetfelds durch einen stromdurchflossenen Leiter.

Motivation

Das Experiment stellt nach wie vor die zentrale Erkenntnisquelle der naturwissenschaftlichen Forschung dar und nimmt somit auch eine zentrale Rolle im Unterrichtsgeschehen ein. Experimente sollen die Schüler motivieren, gleichzeitig fachliche Inhalte vermitteln und diese bestätigen. (William Lindlahr 2014)
Somit ergeben sich durch die, zur Verfügung stehende neue Technologie Möglichkeiten, diese im Unterricht anzuwenden. Durch Augmented Reality sind dreidimensionale, ergänzende Darstellungen möglich, welche sich sogar zeitlich ändern können. Die Darstellungen können dabei animiert oder berechnet dargestellt werden. Da die Schülerinnen und Schüler bereits im Alltag viel mit den neuen Medien in Kontakt kommen, ist auch die intuitivere Bedienung im Vergleich zur Tastatur und Maus ein Vorteil.
Die Sekundarstufe I bietet in der 9. Jahrgangsstufe zum Thema Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung der Augmentierung. Gerade zu dieser Thematik basieren viele

Effekte auf unsichtbaren elektrischen oder magnetischen Feldern. Ein weiteres Beispiel ist die Thematik der Influenz. Auf diese wird im Punkt „Beispiel: Elektroskop“ eingegangen.

Beispiel: Elektroskop

Durch eine Ladung, welche in die Nähe des Elektroskops gebracht wird, findet aufgrund der Influenz eine Ladungsverschiebung statt. Die Bewegung der Ladungsträger ist von außen nicht sichtbar, kann nun aber durch die AR-Applikation qualitativ grafisch veranschaulicht werden.
Die Darstellung mittels Protonen und Elektronen ist durch das Teilchenmodell motiviert (vgl. Abbildung 1: Grundzustand). In der Sekundarstufe I zählt in allen Bundesländern das Teilchenmodell zu den Grundlagen für den Physikunterricht. Dabei haben die Schüler große Schwierigkeiten dieses Modell zu verstehen, d.h. bei Erklärungen verständnisvoll anzuwenden. (Müller et al. 2007, S. 224–226)
Aufgrund der Vorstellung von den Schülerinnen und Schülern, dass Ladungen immer beweglich sind (Schecker et al. 2018, S. 186–208), und somit die positiv geladenen Atomrümpfe ebenfalls freie Ladungsträger sind, wird mit der Applikation der Vorstellung der Schüler entgegengewirkt. Durch diese wird ersichtlich, dass der Ausschlag jeweils nur durch die verschobenen Elektronen hervorgerufen wird (vgl. Abbildung 2: Ausschlag).

Abbildung 1: Grundzustand

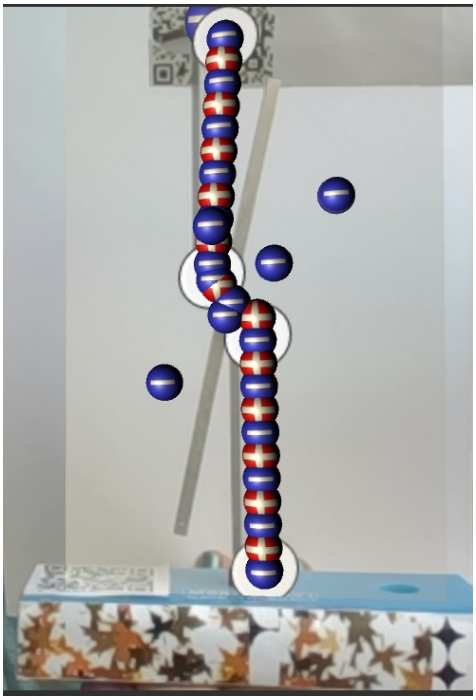


Abbildung 2: Ausschlag

Abbildung 1 zeigt das Elektroskop im Grundzustand.
Abbildung 2 zeigt den Ausschlag nachdem eine Ladung in die Nähe gebracht wurde. Dabei ist der Ausschlag nur qualitativ berechnet und muss durch Fine-Tuning noch an den realen Zeigerausschlag angepasst werden.

Forschungsinteresse

Grundsätzlich soll herausgefunden werden, ob die Erweiterung von Realexperimenten durch Augmented Reality eine Wirkung auf die Motivation, das Selbstkonzept, die Leistung, die Schülervorstellungen und das Fachwissen hat. Ob diese eventuell von dem Geschlecht und dem Leistungsniveau beeinflusst wird, soll ebenfalls überprüft werden. Da das Projekt im Anfangsstadium ist, können noch keine konkreten Forschungsfragen definiert werden.

Ausblick

Die Studie soll in den Lehr-Lern-Laboren der Universität Würzburg pilotiert werden. Dabei wird ein Zeitrahmen von 3-6 h gewählt. Mittels eines Pre-Post-Tests sollen dabei die im Interesse stehenden Komponenten überprüft werden. Die Kontrollgruppe wird klassisch den Lernzirkel durchlaufen, das heißt das Tablet wird nur wegen der Motivationskomponente als neues Medium verwendet. Dabei nutzen sie das Tablet nur als digitales Arbeitsblatt.
Die Treatmentgruppe hingegen nutzt die Tablets mit entsprechend entwickelten Applikationen. Bei diesen wird bei der Entwicklung auf eine schüler-, fach- und sachgerechte Elementarisierung, wie Kircher (Kircher et al. 2015) es fordert, viel Wert gelegt.
Die Applikationen sollen dabei hauptsächlich die Modelle der magnetischen und elektrischen Felder sichtbar machen. Dies ist sinnvoll bei unterschiedlichsten Szenarien:
- Magnete: Stab- und Hufeisenmagnete erhalten eine räumliche Ausdehnung
- Stromdurchflossener Leiter: Magnetfeldlinien eines geraden Leiters sind darstellbar. Dieser kann auch zu einer Leiterschleife gebogen werden, sodass man sich einer Spule Stück für Stück annähert
- Regel von Lenz: Ein Zusammenhang des Primärfeldes und des induzierten Gegenfeldes
- Transformator: Der Unterschied von geschlossenem und geöffnetem Joch bezogen auf die Magnetfeldlinien
- E-Motor/Generator: In einer Momentaufnahme kann die Ausrichtung der Magnetfeldlinien des Stators dargestellt werden (vgl. Magnete)
- Elektrostatik

Für die genannten Szenarien wird mit Unity[1] gearbeitet. Eine Einarbeitung ist zeitintensiv und es kommt leider auch noch zu technischen Problemen mit der Erkennung. Erste Problemlösungsstrategien werden bereits durchgeführt. Die anschließende Pilotierung finden in den Lehr-Lern-Laboren statt, da dort in Kleingruppen gearbeitet wird und eine intensivere Betreuung möglich ist.

Testinstrumente
Zur Gewährleistung einer großen Reliabilität und des großen Entwicklungsaufwandes greift man auf bewährte Testinstrumente zurück.
Für den Fachwissenstest wird eine Auswahl an einschlägigen Tests ins Auge gefasst, welche schon Wolfgang Aschauer in seiner Dissertation genutzt hat (Aschauer 2016). Namentlich sind das folgende Testinstrumente:
- Brief Electricity and Magnetism Assesment (BEMA) (Ding et al. 2006) ,
- Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM) (Maloney et al. 2001)
- Magnetism Conceptual Survey (MCS) (Li und Singh 2017)

Für die Komponenten Selbstkonzept, Motivation und Interesse werden noch Tests gesucht.

[1] https://unity.com/de

Literatur

Aschauer, Wolfgang (2016): Elektrische und magnetische Felder. Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Ben Hartlmaier (2019): Cyberspace statt Seminarraum: So funktioniert Lernen mit VR und AR. Online verfügbar unter https://www.linkedin.com/pulse/cyberspace-statt-seminarraum-so-funktioniert-lernen-mit-hartlmaier, zuletzt geprüft am 10.10.2019.

Ding, Lin; Chabay, Ruth; Sherwood, Bruce; Beichner, Robert (2006): Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. In: *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 2 (1), S. 141. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.2.010105.

Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hg.) (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3. Aufl. Berlin: Springer Spektrum (Springer-Lehrbuch).

Li, Jing; Singh, Chandralekha (2017): Developing and validating a conceptual survey to assess introductory physics students' understanding of magnetism. In: *Eur. J. Phys.* 38 (2), S. 25702. DOI: 10.1088/1361-6404/38/2/025702.

Maloney, David P.; O'Kuma, Thomas L.; Hieggelke, Curtis J.; van Heuvelen, Alan (2001): Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. In: *American Journal of Physics* 69 (S1), S12-S23. DOI: 10.1119/1.1371296.

Müller, Rainer; Rita Wodzinski; Martin Hopf (Hg.) (2007): Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner. 2., unveränd. Aufl. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: *Telemanipulator and Telepresence Technologies* (SPIE Vol. 2351), S. 282–292.

Schecker, Horst; Wilhelm, Thomas; Hopf, Martin; Duit, Reinders (Hg.) (2018): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2.

William Lindlahr (2014): Virtual-Reality-Experimente für Interaktive Tafeln und Tablets. In: Jörg Maxton-Küchenmeister und Jenny Meßinger-Koppelt (Hg.): Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag (Naturwissenschaften), S. 90–97.

Tatjana Steinmann[1]
Julian Fischer[2]
Daniel Laumann[3]
Peter Pfänder[4]
Michael Kerres[4]
Knut Neumann[2]
Susanne Weßnigk[1]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2]IPN Kiel
[3]WWU Münster
[4]Universität Duisburg-Essen

energie.TRANSFER – Fokus Lehrkräfte
Implementation digitaler Unterrichtseinheiten

Hintergrund und Zielsetzung

Veränderungen im Bildungssektor sind zeitaufwendige und eingeschränkt planbare Prozesse, die größtenteils nicht linear ablaufen (Scholl, 2004; Sieve, 2015). Dabei stellt die Umsetzung von Innovationen eine Herausforderung für Lehrkräfte dar und findet kaum ohne Konflikte statt (Chai, Koh & Tsai, 2013; Rolff, 1995). Auch werden Erkenntnisse fachdidaktischer Forschung trotz des Ziels der Optimierung von Unterricht selten dauerhaft in der Unterrichtspraxis umgesetzt (Gräsel & Parchmann, 2004). Dennoch zeigt sich, dass der Einsatz entwickelter Unterrichtsgänge basierend auf Erkenntnissen fachdidaktischer Forschung die Unterrichtsqualität erhöhen kann (u.a. Charalambous & Hill, 2012; Greinert & Weßnigk, 2019). Eine Ursache für die geringe Umsetzung von Innovationen liegt zum Beispiel an der im Berufsalltag fehlenden Zeit zur Auseinandersetzung mit neuen Ideen sowie deren Transfer auf den eigenen Unterricht (Breuer, Vogelsang & Reinhold, 2018).

Zwar können Lehrkräfte durch Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien bei der Weiterentwicklung von Unterricht unterstützt werden (Breuer et al., 2018), in Deutschland jedoch bevorzugen Lehrkräfte die selbstständige Planung ihres Unterrichts (Kirk & MacDonald, 2011) und greifen auf das für sie Bekannte und Erprobte zurück. Zudem ist die Nutzung von Unterrichtsmaterial unterschiedlich ausgeprägt (Davis, Janssen & van Driel, 2016). Problematisch erscheint dabei der Grad der Offenheit bei der Konzeption und Implementation von Unterrichtsmaterialien: Bei freigestellter Nutzung wird nur wenig des Materials implementiert, so dass eine tiefgreifende Verwendung kaum stattfindet (Breuer et al., 2018, Lipowsky, 2010). Dabei wird das Unterrichtsmaterial oberflächlich, angepasst an eigene Konzeptionen, im Unterricht eingesetzt und die Wirksamkeit des Unterrichtsmaterials reduziert.

Die bewusste Entscheidung für einen (langfristigen) Einsatz von Unterrichtsmaterialen ist eine Frage der Akzeptanz der Lehrkräfte (Beerenwinkel & Gräsel, 2005; Reichwald, 1987). Allgemein haben das Wissen über das Ziel und die Nutzung der Innovation, die innovationsbezogenen Einstellungen, der wahrgenommene Nutzen, der Aufwand sowie die subjektiv wahrgenommene Relevanz einen Einfluss auf die Akzeptanz der Lehrkräfte (Ajzen & Fishbein, 1980; Davis, 1989, Rogers, 1983). Alle Faktoren sowie die Bedenken und Interessen wirken sich auf den individuellen Implementationsprozess aus (Davis, Palinscar, Smith, Arias & Kademian, 2017; Hall & Hord, 2006). Die innovationsbezogenen Einstellungen, Interessen, Bedenken und Kenntnisse lassen sich als kognitiv-affektive Auseinandersetzung bzw. Beschäftigung mit der Innovation zusammenfassen. Bei der Umsetzung von Innovationen, der damit verbundenen Weiterentwicklung von Unterricht und der Auseinandersetzung mit neuen Ideen kann eine Fortbildung unterstützend wirken (Altrichter, 2010, Kreis & Unterköfler-Klatzer, 2017), die den Einsatz des Materials im Unterricht fokussiert.

Ziel des DFG-Transferprojekts „energie.TRANSFER“ ist der Transfer von Ergebnissen fachdidaktischer Forschung zum Basiskonzept Energie in die Schule durch 1) Entwicklung und 2) Implementation kurzer digitaler am Basiskonzept Energie orientierter Unterrichtseinheiten (*Curriculum Replacement Unit, CRU*). Beispiel für eine CRU wäre eine 2-3 stündige in sich geschlossene Lerneinheit zur Verknüpfung der Energieformen kinetische Energie und Lageenergie im Kontext „Achterbahn“ (Laumann, Fischer, Weßnigk, Kerres, Wenderoth & Neumann, 2018).

Implementationsforschung ist ein Desiderat der Unterrichtsforschung (Gräsel & Parchmann, 2004). Für das bessere Verständnis solcher Implementationsprozesse und die damit verbundene Akzeptanz der Lehrkräfte für die vorgesehene Innovation, soll die Implementation der CRUs begleitet und reflektiert werden. Bisher liegen über die Prozessgestaltung sowie deren Wirkmechanismen bezüglich der affektiv-kognitiven Auseinandersetzung und Akzeptanz nur wenige Erkenntnisse im Bildungssektor vor. Es ergeben sich zwei Ziele:

1. Entwicklung einer innovations- und adressatenbezogenen Fortbildung zur Einführung der entwickelten CRUs unter Einbezug der Akzeptanz der Lehrkräfte gegenüber Implementationsprozessen von Innovation wie bspw. digitalen Unterrichtseinheiten.
2. Begleitung und Reflexion des Implementationsprozesses mit Fokus auf die affektiv-kognitive Auseinandersetzung und der Akzeptanz bezüglich der entwickelten CRUs.

Aus dem ersten Ziel heraus stellt sich folgende Forschungsfrage:

1.1 Welche Bedürfnisse, Einstellungen, Interessen, Bedenken und Kenntnisse haben Lehrkräfte in Bezug auf digitale Unterrichtseinheiten?

Aus dem zweiten Ziel heraus stellt sich die übergeordnete Frage, unter welchen Voraussetzungen und in welchem Umfang die theoriebasierten Unterrichtseinheiten als digitale Innovation von Lehrkräften für den Physikunterricht akzeptiert und implementiert werden. Explizit ergeben sich daraus folgende Forschungsfragen:

2.1 Inwieweit eignet sich die Fortbildung als Einführung und Begleitung des Implementationsprozesses der kurzen digitalen Unterrichtseinheiten zum Basiskonzept Energie?

2.2 Inwiefern ändert sich die affektiv-kognitive Auseinandersetzung und die Akzeptanz der Lehrkräfte während des Implementationsprozesses der CRUs?

Forschungsdesign

Der Implementationsprozess selbst findet angelehnt an den idealen Implementationsprozess von Kirschner, Hendriks, Wopereis & Cordewener (2004) statt.

Die Studie wird im Vergleichsgruppendesign durchgeführt. Während die Interventionsgruppe Adaptionsmöglichkeiten in Bezug auf die Einheit eingeräumt bekommt, die der Konzeption der Unterrichtseinheit aber nicht widerspricht, führt die Vergleichsgruppe die Einheiten wie entwickelt mit angegebenen Variationsmöglichkeiten im Unterricht durch. In einer pre-while-post-follow up Untersuchung werden von ca. 30 Lehrerinnen und Lehrer quantitative und qualitative Daten erhoben. Im Zentrum steht dabei die affektiv-kognitive Auseinandersetzung und Akzeptanz der CRUs während des Implementationsprozesses der Unterrichtseinheiten in den individuellen Physikunterricht.

Für das Erreichen der Forschungsziele werden verschiedene Aspekte im Implementationsprozess näher betrachtet:

- Die Evaluation der Fortbildung zieht Rückschlüssen darüber, inwieweit sich das entwickelte Fortbildungskonzept eignet Lehrkräfte auf den Einsatz der Unterrichtsmaterialien in die Praxis zu unterstützen.

- Die Hospitationen begleiten den Einsatz der CRUs und beurteilen die Umsetzung hinsichtlich der im Projekt energie.TRANSFER intendierten Zielsetzung.
- Ein leitfadengestütztes Interview mit den Lehrkräften reflektiert nach dem Einsatz der CRUs a) den Implementationsprozess und b) generiert Akzeptanzkriterien hinsichtlich der entwickelten Unterrichtseinheiten.

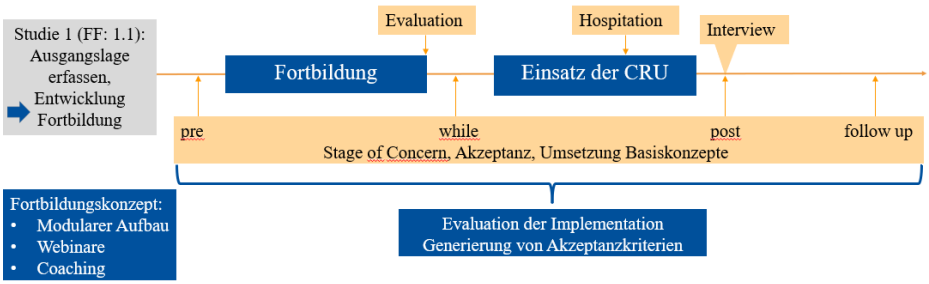


Abb.1: Forschungsdesign

Der Stage of Concern (SoC) Fragebogen als Teil des Concerns-Based Adoptions Model CBAM (Hall & Hord, 2006) erfasst die kognitiv-affektive Auseinandersetzung (Abb.2).
Zur Erfassung der Akzeptanz wird das Technologieakzeptanzmodell adaptiert auf die CRUs (Davis, 1989) genutzt. Dieses berücksichtigt die Einstellung, den wahrgenommenen Nutzen sowie Bedienbarkeit der CRUs und die Intention der Nutzung.

Abb2. Durchlauf der sieben Stufen der kognitiv-affektiven Auseinandersetzung

Bisherige Ergebnisse und Ausblick

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1.1 wurde Studie 1 (n=42) zur Erfassung der Ausgangslage für die Entwicklung der Fortbildung durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass die digitale Gestaltung der Unterrichtseinheiten durch eine digitale Lernplattform (Moodle, ILIAS, etc.) für die Lehrkräfte noch unbekannt ist und das Nutzungspotential digitaler Lernplattformen nicht ausgeschöpft wird. Weiterhin wurde der Implementationsprozess bisher bei der Vergleichsgruppe durch die Teilnahme an der modular entwickelten Fortbildung eingeleitet.

Nach der Teilnahme an der Fortbildung werden die Unterrichtseinheiten im Verlauf des Schulhalbjahres 2019/2020 eingesetzt und durch Hospitationen begleitet. Eine follow-up Erhebung gibt Aufschluss, ob die CRUs weiter eingesetzt wurden und/oder der Einsatz geplant wird und inwiefern sich die kognitiv-affektive Auseinandersetzung und die Akzeptanz gegenüber den digitalen Unterrichtseinheiten entwickelt haben. Erkenntnisse aus der beschriebenen Beforschung werden als Basis für die Dissemination der Unterrichtseinheiten mittels Multiplikatorenfortbildung genutzt.

Literatur

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

Altrichter, H. (2010). Lehrerfortbildung im Kontext von Veränderungen im Schulwesen. In F.H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, J. Mayr (Eds), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*. Münster u.a.: Waxmann, 17–34

Beerenwinkel, A., & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *11*, 21–39

Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2000). Creating usable innovations in systematic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban school. *Educational Psychologist, 35* (3), 149–164

Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2018). Implementation fachdidaktischer Innovation am Beispiel des Münchener Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik. In: V. Nordmeier und H. Grötzebauch (Hg.): *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Fachverband Didaktik der Physik*. Würzburg, 133–139

Chai, C.S., Koh, J.H.L., & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society 16* (2), 31–51

Charalambous C., & Hill H., (2012). Teacher knowledge, curriculum materials, and quality of instruction: Unpacking a complex relationship. *Journal of curriculum studies 44* (4), 443–466

Davis, E., Janssen, F., & van Driel, J. (2016). Teachers and Science Curriculum Materials: Where We Are and Where We Need to Go. *Studies in Science Education, 52* (2), 127–160

Davis, E., Palinscar, A., Smith, S., Arias, A., & Kademian, S. (2017). Uptake, Impact, and Implications for Research and Design. *Educational Researcher, 46* (6), 293-304

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly, 13* (3), 319–340

Fullan, M. (1998). The meaning of educational change: A quarter of a century of learning. In: A. Hargreaves, A. Liebermann, Michael Fullan und D. Hopkins (Eds.), *International handbook of educational change*, Band. 1. Dordrecht: Kluver Academic Publishers, 214–228

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Research on Implementation: The Problems of Changing Teaching and Learning. *Unterrichtswissenschaft, 32* (3), 196–214

Greinert, L., & Weßnigk, S. (2019). Energieentwertung mit der IR-Kamera – Studie zum Einfluss der IR-Kamera auf das Energieverständnis in einem curriculumorientierten Lehrgang mit Fokus auf Energietransfer. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1007/s40573-019-00102-w

Hall, G. E., & Hord, S. M. (2006). *Measuring implementation in schools. Using the tools of the Concern-Based-Adoption-Model*. Austin: Southwest Educational Development Laboratory

Helmreich, R. (1980): Was ist Akzeptanzforschung?. *Elektronische Rechenanlagen, 22* (1), 21–24

Kirk, D., & MacDonald, D. (2011). Teacher voice and ownership of curriculum change. *Journal of curriculum studies*, 2011, 551–567

Kirschner, P. A., Hendriks, M., Paas, F., Wopereis, I., & Cordewener, B. (2004). Determinants for failure and success of innovation projects: The road to sustainable educational innovation. Paper presented at the AECT Conference, Chicago, IL, October, 19–24

Kreis, I., & Unterköfler-Klatzer, D. (2017). *Fortbildung Kompakt. Wissenschaftstheoretische und praktische Modelle zur wirksamen Lehrer/innenfortbildung*. Innsbruck, Wien, Bozen: StudienVerlag

Laumann, D., Fischer, J., Weßnigk, S., Kerres, M., Wenderoth, D., & Neumann, K. (2018). Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie. *Naturwissenschaftliche Bildung Als Grundlage Für Berufliche Und Gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft Für Didaktik Der Chemie Und Physik Jahrestagung in Kiel 2018,* 815–818

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In: F. H. Müller (Eds), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann, 51–70

Reichwald, R. (1978). *Zur Notwendigkeit der Akzeptanzforschung bei der Entwicklung neuer Systeme der Bürotechnik*. München: Hochschule der Bundeswehr

Rogers, E.M., (1983). *Diffusion of innovations* (3rd ed.). New York: Free Press of Glencoe.

Rolff, G. (1995): *Wandel durch Selbstorganisation: Theoretische Grundlagen und praktische Hinweise für eine bessere Schule*. Weinheim: Juventa

Scholl, W. (2004). *Innovation und Information. Wie in Unternehmen neues Wissen produziert wird*. Göttingen: Hofgrefe

Sieve, B. (2015). *Interaktive Tafeln im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden

Julian Alexander Fischer[1] [1]IPN Kiel
Tatjana Steinmann[2] [2]Leibniz Universität Hannover
Peter Pfänder[3] [3]Universität Duisburg Essen
Daniel Laumann[4] [4]Universität Münster
Susanne Weßnigk[2]
Michael Kerres[3]
Knut Neumann[1]

energie.TRANSFER – Identifikation vernetzungsfördernder Unterrichtselemente

Hintergrund und Zielsetzung

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und Probleme zu lösen (KMK, 2005; NRC, 2012). Häufig können Schülerinnen und Schüler jedoch nur auswendig gelerntes, isoliertes Faktenwissen wiedergeben (Baumert, Bos, & Watermann, 1998). Nach Bransford, Brown, und Cocking (2000) braucht es aber insbesondere für die Erklärung von Phänomenen und die Lösung von Problemen eine vernetzte Wissensbasis, in der Ideen miteinander verknüpft statt isoliert sind. Zentrale Ideen verknüpfen verschiedene Teilbereiche und unterstützen daher den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis (Anderson & Schunn, 2000; diSessa, 2013). Die Betonung von zentralen Ideen für den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis findet sich auch in den KMK-Bildungsstandards (2005) durch die Einführung von Basiskonzepten wieder. Mithilfe der Basiskonzepte sollen Sachgebiete der Physik stärker miteinander verbunden werden, um kumulatives Lernen zu erleichtern (KMK, 2005). Eines der Basiskonzepte und zudem eine der zentralen Ideen in Physik ist das Energiekonzept (Driver & Warrington, 1985; KMK, 2005). Es lassen sich insbesondere durch die vielfältigen Manifestationen von Energie, den Energieformen, und deren Umwandlungen ineinander, unterschiedliche Sachgebiete der Physik miteinander verknüpfen (Neumann, 2017). Beispielsweise können in einem elektrischen Stromkreis die Stromstärke und die Temperatur eines stromdurchflossenen Leiters über die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie verknüpft werden.

Eine Vernetzung unterschiedlicher Sachgebiete durch das Energiekonzept setzt jedoch „Erkenntnisse darüber voraus, wie sich das Verständnis des Energiekonzepts entwickelt." (Neumann, 2017). In verschiedenen Studien zur Entwicklung des Energieverständnisses wurde bestätigt, dass Schülerinnen und Schüler ausgehend von einigen wenigen Energieformen durch die sukzessive Integration weiterer Energieformen ein Verständnis von Energie über die Aspekte Energieumwandlung und -transfer, Energieentwertung und Energieerhaltung hinweg entwickeln (Herrmann-Abell & DeBoer, 2018; Lee & Liu, 2010; Neumann, Viering, Boone, & Fischer, 2013).

Die landesspezifischen Lehrpläne in Physik orientieren sich jedoch nicht an dieser Verständnisentwicklung von Energie und machen keine einheitlichen Vorgaben, wie ein basiskonzeptorientierter Unterricht gestaltet werden kann (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008; Niedersächsisches Kultusministerium, 2015).

Ziel des DFG-Projekts energie.TRANSFER ist daher die Entwicklung und Erprobung kurzer digitaler Unterrichtseinheiten im Umfang von 2-4 Schulstunden (*Curriculum Replacement Unit*, nf. CRU) zur Verknüpfung von Sachgebieten mit Hilfe des Basiskonzepts Energie. Im Rahmen des Projekts soll zunächst erarbeitet werden, wie ein basiskonzeptorientierter Unterricht gestaltet werden muss, um die Verknüpfung von Sachgebieten bestmöglich zu

unterstützen, um anschließend zu prüfen, ob ein basiskonzeptorientierter Unterricht zum Aufbau einer vernetzteren Wissensbasis und damit einer optimierten Kompetenzentwicklung beiträgt. Es wird daher auf folgende Forschungsfragen fokussiert:

- Wie müssen Unterrichtseinheiten gestaltet werden, die die Verknüpfung von Sachgebieten mittels Basiskonzepten unterstützen?
- Inwiefern fördern basiskonzeptorientierte Unterrichtseinheiten den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis und damit physikalischer Kompetenz?

Methode

Die Entwicklung und sukzessive Optimierung der CRUs erfolgt im Rahmen eines Design-Based Research Paradigmas (McKenney & Reeves, 2018) in drei Zyklen (Abbildung 1).

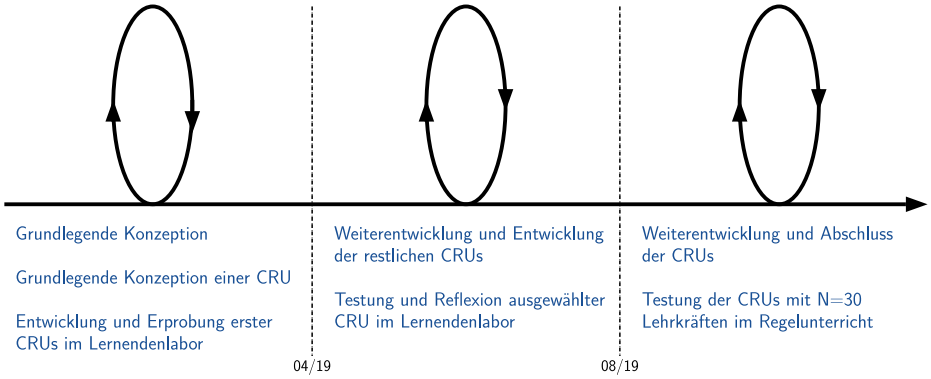


Abb. 1 Theoriegeleitete Konzipierung und iterative (Weiter-)entwicklung einer CRU zur Förderung einer vernetzten Wissensbasis in einem Design-Based Research-Ansatz

Im ersten Zyklus wurde die grundlegende Konzeption der Unterrichtseinheiten erarbeitet. Bei insgesamt zwölf Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufe I wird je Unterrichtseinheit eine Energieform eines Sachgebiets mit einer zuvor behandelten Energieform über die Energieumwandlung vertieft (Laumann et al., 2018). Die Konzeption der CRUs folgt dem Modell des phänomenbasierten Lernens, bei dem eine übergeordnete, alltagsrelevante Fragestellung (*Driving Question*) behandelt und im Laufe einer Unterrichtseinheit anhand von Unterfragen beantwortet wird (Krajcik & Czerniak, 2014). Anhand einer Lehrplananalyse und einer Interessenumfrage unter Schülerinnen und Schülern wurden zwölf geeignete Fragestellungen für die Sekundarstufe I identifiziert (Laumann et al., 2018).
Im Anschluss wurde die grundlegende Konzeption einer Unterrichtseinheit erarbeitet. Jede Unterrichtseinheit besteht aus einer Einstiegs-, einer Erarbeitungs- und einer Reflexionsphase: In der Einstiegsphase wird die übergeordnete Fragestellung in einer Problematisierungsphase hergeleitet. In der Erarbeitungsphase werden anhand von drei Unterfragen die relevanten Energieformen und -umwandlungen zunächst am Phänomen wiederholt, anschließend mit Bezug zu ihren Indikatoren vertieft und abschließend auf einen Aspekt des Energiekonzepts fokussiert. In der Reflexionsphase wird die Fragestellung schließlich durch die Schülerinnen und Schüler beantwortet und das Erlernte auf ein ähnliches Phänomen transferiert. Nach der theoretischen Konzipierung einer Unterrichtseinheit wurden erste Einheiten entwickelt und in einem Lernendenlabor mit Schulklassen getestet.
Im zweiten Zyklus wurden anschließend auf Grundlage der theoretischen Konzipierung und der ersten Testung die bisherigen Unterrichtseinheiten überarbeitet und weitere

Unterrichtseinheiten entwickelt. Diese wurden ebenfalls im Lernendenlabor mit Schulklassen getestet.
Im dritten Zyklus wurde schließlich die Entwicklung der zwölf Unterrichtseinheiten abgeschlossen. Diese werden ab dem Schuljahr 2019/20 mit N=30 Lehrkräften im Regelunterricht getestet und ebenfalls sukzessiv weiterentwickelt.

Beispiel einer CRU
Um die elektrische Energie auf Grundlage der thermischen Energie im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I zu vertiefen, wurde für eine der Unterrichtseinheiten die Fragestellung „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“ identifiziert. Die Erarbeitungsphase gliedert sich nach den drei Unterfragen:

- Wo wird ein Laptop heiß?
- Wann wird ein Laptop heiß?
- Wie lässt sich die Erhitzung eines Laptops verhindern?

Anhand von Experimenten im einfachen Stromkreis und der Erhitzung der stromdurchflossenen Leiter wird unter Einsatz einer Wärmebildkamera die ersten zwei Fragestellungen beantwortet. Zur Beantwortung der dritten Fragestellung werden die zuvor durchgeführten Experimente in Kombination mit einem Wärmerohr durchgeführt und auf diese Weise auf den (thermischen) Energietransport fokussiert. In der Reflexionsphase wird schließlich das Erlernte auf die Erhitzung eines Smartphones transferiert und mögliche Kühlungsmöglichkeiten diskutiert.

Ausblick
Die im dritten Zyklus durchgeführte Testung der Unterrichtseinheiten mit Lehrkräften im Regelunterricht 2019/20 beinhaltet ebenfalls eine Weiterentwicklung und Evaluation. Diese erfolgen auf Grundlage der Artefakte der Schülerinnen und Schüler zur Überprüfung der Lehr- und Lernziele, Exit-Tickets nach Penuel, Frumin, Van Horne, und Jacobs (2018) zur Messung der durch die Schülerinnen und Schüler wahrgenommenen Kohärenz im Lernweg, sowie Interviews mit Schülerinnen und Schülern und Unterrichtsbeobachtungen. Zudem wird die Kompetenzentwicklung in einer quasi-experimentellen Studie durch jahrgangsspezifische Energiekompetenztests nach Neumann et al. (2013) und leitfadengestützten Interviews zur Erklärung von fünf Alltagsphänomenen nach Kubsch, Nordine, Neumann, Fortus, und Krajcik (2019) gemessen. Insbesondere sollen anhand der quasi-experimentellen Studie Erkenntnisse darüber gewonnen werden, inwiefern ein basiskonzeptorientierter Unterricht zu einer Kompetenzentwicklung beiträgt.

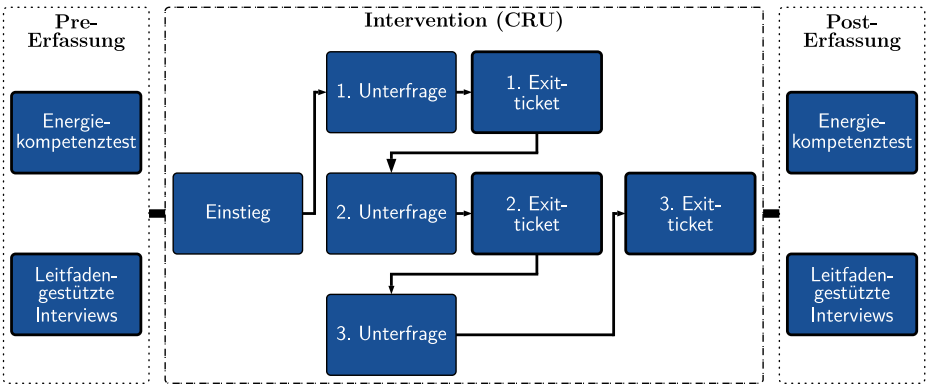


Abb. 3 Testinstrumente und Strukturierung einer Unterrichtseinheit während der Erprobung im Regelunterricht 2019/20

Literatur

Anderson, J. R., & Schunn, C. D. (2000). Implications of the ACT-R learning theory: No magic bullets. *Advances in Instructional Psychology*.

Baumert, J., Bos, W., & Watermann, R. (1998). *TIMSS/III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich: Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. In *Committee on learning research and educational practice*. https://doi.org/10.1016/0885-2014(91)90049-J

diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the "pieces"vs. "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In *International Handbook of Research on Conceptual Change*. https://doi.org/10.4324/9780203154472

Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*. https://doi.org/10.1088/0031-9120/20/4/308

Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2018). Investigating a learning progression for energy ideas from upper elementary through high school. *Journal of Research in Science Teaching*. https://doi.org/10.1002/tea.21411

KMK, K. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. *Beschluss Vom*, *16*, 2004.

Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. Routledge.

Kubsch, M., Nordine, J., Neumann, K., Fortus, D., & Krajcik, J. (2019). Probing the Relation between Students' Integrated Knowledge and Knowledge-in-Use about Energy using Network Analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. https://doi.org/10.29333/ejmste/104404

Laumann, D., Fischer, J., Weßnigk, S., Kerres, M., Wenderoth, D., & Neumann, K. (2018). Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie. *Naturwissenschaftliche Bildung Als Grundlage Für Berufliche Und Gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft Für Didaktik Der Chemie Und Physik Jahrestagung in Kiel 2018*, 815–818.

Lee, H. S., & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*. https://doi.org/10.1002/sce.20382

McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Physik. Retrieved from https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/159/gym8_physik.pdf

Neumann, K. (2017). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz – Stand der Forschung und Desiderata. *Plus Lucis*, *2*(Kompetenz Physik), 5–8.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*. https://doi.org/10.1002/tea.21061

Niedersächsisches Kultusministerium. (2015). Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften.

NRC. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. https://doi.org/10.17226/13165

Penuel, W. R., Frumin, K., Van Horne, K., & Jacobs, J. K. (2018). A phenomenon-based assessment system for three-dimensional science standards: Why do we need it and what can it look like in practice. *Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY*.

Lars Greitemann
Insa Melle

Technische Universität Dortmund

Wirkung einer Tablet-basierten Lernumgebung im Chemieunterricht

Einleitung

Digitale Medien erlangen in fast allen Lebensbereichen eine immer größer werdende Bedeutung. Durch die wachsende Präsenz von Laptops, Smartphones und Tablets verändern sich sowohl alltägliche als auch berufliche Anforderungen. Daher wird oft die Fähigkeit zum sinnvollen und verantwortungsvollen Umgang mit digitalen Medien im Beruf und im Alltag vorausgesetzt (Hanekamp, 2014). Durch das Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz (KMK, 2016) kommt dem Lernen mit und über digitale Medien eine große Bedeutung zu und ist somit für die schulische Bildung unerlässlich.

Theoretische Fundierung

Digitale Medien im Allgemeinen bieten den Vorteil, dass sie Schülerinnen und Schüler zum einen über unterschiedliche Sinneskanäle ansprechen und so ein mehrkanaliges Lernen ermöglichen (Sieve & Schanze, 2015). Zum anderen bieten digitale Medien im Unterricht den Mehrwert, dass sie sich sehr gut zur Individualisierung und zur Differenzierung des Lernprozesses eignen (Tulodziecki, Herzig & Grafe, 2010). Damit einhergehend haben digitale Medien in heterogenen und inklusiven Lerngruppen ein großes Potential, um eine optimale Förderung aller Schülerinnen und Schüler zu erreichen (Hall, Cohen, Vue, & Ganley, 2015; Rose, Hasselbring, Stahl, & Zabala, 2007; Bosse, 2012).

Bei der Nutzung digitaler Medien in der Schule bieten nach Bastian und Aufenanger (2017) Tablets besondere Möglichkeiten, da diese mobilen Endgeräte durch ihre intuitive Bedienung herausstechen. Im Unterricht können digitale Medien und damit insbesondere Tablets in drei verschiedenen didaktischen Funktionen eingesetzt werden: als Lernwerkzeug, als Experimentalwerkzeug und als Lernbegleiter (Huwer & Brünken, 2018; Huwer, Bock & Seibert, 2018). Als Lernwerkzeug unterstützen digitale Medien den Lernprozess in einer konkreten Lernsituation. Als Experimentalwerkzeug können digitale Medien beim Experimentieren unterstützend wirken. Werden digitale Medien als Lernbegleiter eingesetzt, so bereichern sie den Lernprozess über eine konkrete Lernsituation hinaus. Dies ist zum Beispiel durch den Einsatz von interaktiven und digitalen Schulbüchern gegeben, wenn diese über einen längeren Zeitraum im Unterricht verwendet werden. Dabei stechen Tablets durch ihre integrierten Funktionen hervor. Vor allem durch die Kamera und das Mikrofon spielt der Einsatz von Videos bei der Verwendung von Tablets in der Schule eine große Rolle. Insbesondere erlangen die sogenannten Erklärvideos einen hohen Stellenwert im Unterricht.

Erklärvideos sind „eigenproduzierte [kurze] Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte und Zusammenhänge erklärt werden“ (Wolf & Kratzer, 2015). Diese bieten den Vorteil, dass sie die auditive und visuelle Ebene miteinander verknüpfen (Kleinhanß, 2015) und haben im Unterricht eine große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten. So können die Erklärvideos beispielsweise von der Lehrkraft erstellt werden und die Schülerinnen und Schüler können jederzeit auf die Videos und Erklärungen zugreifen. Eine weitere Möglichkeit zur Verwendung von Erklärvideos im Unterricht besteht darin, dass die Lernenden diese selbst erstellen, um sich mit der Thematik

näher auseinanderzusetzen (Wolf, 2018; Kulgemeyer, 2018). Alles in allem zeichnen sich Erklärvideos durch eine große Bandbreite in den Einsatzformen aus.

Für digitales Lernen im Unterricht sind verschiedene methodische Wege möglich, wobei das kooperative Lernen besonderes Potential hat. Kooperatives Lernen kann verstanden werden als „eine Interaktionsform, bei der die beteiligten Personen gemeinsam und in wechselseitigem Austausch Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben. Im Idealfall sind alle Gruppenmitglieder gleichberechtigt am Lerngeschehen beteiligt und tragen gemeinsam Verantwortung“ (Konrad & Traub, 2016). Kooperativer Unterricht kann nach Brünning & Saum (2011) darüber hinaus auch bedeuten, dass die Wissensaneignung sowohl in individuellen als auch in kooperativen Arbeitsphasen erfolgt.

Forschungsfragen

Ziel dieses Projektes ist es, die Wirkung des Einsatzes von Tablets in zwei Unterrichtsphasen zu untersuchen: Für die Erarbeitungsphase wird eine Laptop-basierte Lernumgebung (Baumann & Melle, in print) für die Nutzung auf iPads modifiziert und evaluiert. In der Sicherungsphase wird die Tablet-gestützte Bearbeitung von Aufgaben mit der Erstellung von Schüler-Erklärvideos verglichen. Die zentralen Forschungsfragen lauten daher: Welchen Einfluss haben die digitale Lernumgebung und verschiedene digitale Sicherungsmaßnahmen auf a) den Fachwissenszuwachs, b) das Interesse und c) die kognitive Belastung der Schülerinnen und Schüler?

Untersuchungsdesign und Instrumente

Um die genannten Forschungsfragen zu untersuchen, wurde folgendes Forschungsdesign entwickelt (Abb. 1). Die Studie wird im Rahmen eines Projekttages an den jeweiligen Schulen durchgeführt und umfasst dabei sechs Unterrichtsstunden à 45 Minuten. Eine Woche vor dem Projekttag wird ein Pre-Test durchgeführt. Auf Grundlage eines Fachwissenstest (verändert nach Michna & Melle, 2018; Baumann & Melle, in print) und des CFT-20-R zur Bestimmung der kognitiven Fähigkeiten (Weiß, 2006) erfolgt die Aufteilung der Klasse in zwei parallelisierte Gruppen (G1 und G2), die im Laufe des Projekttages unterschiedliche Interventionsmaßnahmen durchlaufen. Weiterhin werden bei der Pre-Testung ein Fragebogen zur Ermittlung des schulischen Selbstkonzepts (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) und ein Fragebogen zum soziökonomischen Status (Torsheim et. al., 2016) eingesetzt. Während der Erarbeitungsphase bearbeiten die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen dieselbe digitale Lernumgebung in Einzelarbeit. Nach den Mid-Tests, wobei zusätzlich zum erneuten Einsatz des Fachwissenstests ein Einschätzungstest zur Erfassung des Interesses (Kieserling & Melle, in print) und ein Einschätzungstest zum Cognitive Load (Kieserling & Melle, in print; in Anlehnung an Leppink et al., 2013) eingesetzt werden, schließt sich die Sicherungsphase in einer kooperativen Partnerarbeit an. Dabei wird auf Basis der Pre-Test-Ergebnisse eine heterogene Gruppenzusammensetzung realisiert. Die Schülerinnen und Schüler der einen Gruppe erstellen dabei eigene Erklärvideos, wohingegen die Lernenden der anderen Gruppe Aufgaben auf dem iPad bearbeiten. Abgeschlossen wird der Projekttag mit den Post-

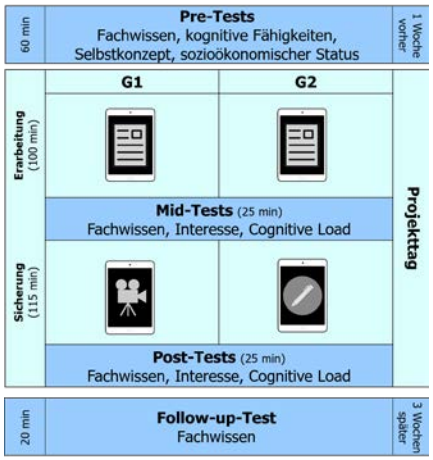


Abb. 1: Forschungsdesign.

Tests. Ergänzend zu diesen punktuellen Testungen werden die individuellen Handlungen der Lernenden mittels Bildschirm- und Videoaufnahmen dokumentiert.

Digitale Lernumgebung
Die im Rahmen dieser Studie entwickelte Lernumgebung befasst sich inhaltlich mit der Einführung in das Basiskonzept der chemischen Reaktion und ist eine Weiterentwicklung einer multimedialen Lernumgebung einer vorausgegangenen Studie (Baumann & Melle, in print). Das Lernprogramm von Baumann und Melle (in print) wurde für die Nutzung auf Laptops für den Chemieanfangsunterricht an Gesamtschulen konzipiert. Dabei wurde eine universelle Zugänglichkeit der Lernumgebung angestrebt, indem verschiedenste Aspekte des *Universal Design for Learning* (kurz: UDL; CAST, 2018) umgesetzt wurden (Baumann & Melle, in print). Das UDL ist ein Modell zur Planung und Durchführung eines inklusiven Unterrichts und zeichnet sich durch ein hohes Maß an Flexibilität aus (CAST, 2018). In Anlehnung an diese multimediale Lernumgebung wurde eine digitale Lernumgebung für die Nutzung auf iPads mittels der Software *iBooks Author* (Apple Inc., 2019) entwickelt. Dabei wurden aus Zeitgründen die letzten beiden Themenbereiche der Laptop-basierten Lernsoftware ausgelassen, so dass die Schülerinnen und Schüler die Kapitel *Chemische Reaktion*, *Reaktionsgleichung*, *Physikalischer Vorgang* und *Oxidation* bearbeiten. Außerdem wurde die digitale Lernumgebung hinsichtlich der Umsetzung weiterer Aspekte des UDL weiterentwickelt.

Nach der Bearbeitung der digitalen Lernumgebung erfolgt die schülerorientierte Wissenssicherung. Die Schülerinnen und Schülern, die dabei eigene Erklärvideos erstellen, verwenden dazu die Screencast-basierte App *doceri* (SP Controls Inc., 2019). Für die Schülerinnen und Schüler, die bei der Sicherungsphase Aufgaben auf den iPads bearbeiten, wurde ein direktes und elaboriertes Feedback realisiert. Für beide Gruppen wurde eine Strukturierung der Arbeitsphase vorgenommen, so dass verschiedene individuelle und kooperative Arbeitsphasen von den Schülerinnen und Schülern durchlaufen werden. Diese Strukturierung wurde den Lernenden durch eine Übersicht transparent gemacht.

Erste Erprobung
Die digitale Lernumgebung konnte bislang in zwei achten Klassen einer Gesamtschule prepilotiert werden ($N = 53$). Im Rahmen dieser Pre-Pilotierung wurde das Untersuchungsdesign in der Hinsicht geändert, dass die Schülerinnen und Schüler der einen Gruppe Erklärvideos in Einzelarbeit (G1) und die Schülerinnen und Schüler der anderen Gruppe die Videos in Partnerarbeit (G2) erstellen. Es konnte festgestellt werden, dass die digitale Lernumgebung zu einem deutlichen Fachwissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler führt und somit als lernwirksam eingeschätzt werden kann. Die digitale Lernumgebung wurde dabei von den Schülerinnen und Schülern beider Gruppen als sehr attraktiv eingeschätzt. Hinsichtlich der Sicherungsphase konnte zudem ein höheres Interesse der Schülerinnen und Schüler bei der Erstellung der Erklärvideos in Partnerarbeit im Vergleich zur Erstellung in Einzelarbeit festgestellt werden. Für die weitere Untersuchung wurde aufgrund dieser Ergebnisse die Entscheidung getroffen, die Erklärvideos in Partnerarbeit erstellen zu lassen.

Ausblick
Die Daten der ersten Pilotierung ($N = 48$) werden zurzeit detailliert analysiert und ausgewertet. Nach der Überarbeitung und Anpassung der Unterrichtsmaterialien und Testinstrumente ist eine zweite Pilotierung mit einer Stichprobengröße von $N \approx 80$ geplant. Um detaillierte Antworten auf die Forschungsfragen zu bekommen, wird bei der sich anschließenden Hauptuntersuchung eine Stichprobengröße von $N \approx 275$ Schülerinnen und Schüler angestrebt.

Literatur

Apple Inc. (2019). iBooks Author. Online verfügbar unter: https://www.apple.com/de/ibooks-author (Stand: 07.10.2019)

Bastian, J., & Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In J. Bastian & S. Aufenanger (Eds.), Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden: Springer VS, 1-11

Baumann, T., & Melle, I. (in print). Evaluation of a digital UDL-based learning environment in inclusive chemistry education. Chemistry Teacher International.

Brünning, L. & Saum, T. (2011). Schüleraktiverendes Lehren und Kooperatives Lernen – ein Gesamtkonzept für guten Unterricht. In: GEW NRW (Eds.) Frischer Wind in den Köpfen. (Sonderdruck) Bochum

Bosse, I. (2012). Medienbildung im Zeitalter der Inklusion. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen

CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2 [graphic organizer]. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: http://udlguidelines.cast.org (Stand: 07.10.2019)

Hall, T. E., Cohen, N., Vue, G., & Ganley, P. (2015). Addressing Learning Disabilities With UDL and Technology. Learning Disability Quarterly, 38 (2), 72–83

Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutschen Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Eds.), Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag, 21-28

Huwer, J. & Brünken, R. (2018). Naturwissenschaften auf neuen Wegen. Individualisierung mit Tablets im Chemie-Unterricht. Computer + Unterricht, 110, 7-10

Huwer, J., Bock, A. & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6 (6), 763-772

Kleinhanß, C. (2015). Erklärvideos. Lernen mit bewegten Bildern. Computer + Unterricht, 25 (97), 41

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Online verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf (Stand: 07.10.2019)

Konrad, K. & Traub, S. (2016). Kooperatives Lernen. Theorie und Praxis in Schule, Hochschule und Erwachsenenbildung. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren

Kieserling, M. & Melle, I. (in print). Digitisation in Chemistry Lessons – An Experimental Digital Learning Environment with Universal Accessibility. Chemistry Teacher International

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education, 26 (1), 435-456

Leppink, J., Paas, F. G. W. C., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behavior Research Methods, 45, 1058-1072

Michna, D. & Melle, I. (2018). Inclusion in Chemistry Education in Secondary School. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Eds.). Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education, Part 11 (co-ed. J. Dolin). Dublin, Ireland: Dublin City University, 1433-1440

Rose, D. H., Hasselbring, T. S., Stahl, S., & Zabala, J. (2007). Assistive Technology and Universal Design for Learning: Two Sides of the Same Coin. Online verfügbar unter: https://pdfs.semanticscholar.org/75a2/2d319afce4e5323d0ed22abe27f2e913c841.pdf (Stand: 07.10.2019)

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R. (2007). DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Göttingen: Hogrefe

Sieve, B. & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (145), 2-7

SP Controls Inc. (2019). Doceri. Online verfügbar unter: https://doceri.com (Stand: 07.10.2019)

Torsheim, T, Elgar, F., McKinnon, B., Schnohr, C., Mazut, J., Cavallo, F. & Currie, C. (2016) Patters of Socioeconomic Inequality in Adolescent Health Differ According to the Measure of Socioeconomic Position. Social indicators research, 127 (3), 1169-1180

Tulodziecki, G., Herzig, B. & Grafe, S. (2010). Medienbildung in Schule und Unterricht. Grundlagen und Beispiele. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt

Weiß, R. H. (2006). Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20-R). Göttingen: Hogrefe

Wolf, K.D. & Kratzer, V. (2015) Erklärstrukturen in selbsterstellten Erklärvideos von Kindern. In K. Hugger, A. Tillmann, S. Iske,, P. Grell & T. Hug (Eds.), Jahrbuch Medienpädagogik 12. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 29-44

Wolf, K.D. (2018). Video statt Lehrkraft? Erklärvideos als didaktisches Element im Unterricht. Computer + Unterricht, 109, 4-7

Sterzing, Fabian
Szabone Varnai, Agnes
Reinhold, Peter

Universität Paderborn

Zur Wirkung von Erklärvideos im Physikunterricht. Planung und Konzeption einer Studie

Erklärvideos bilden eine immer wichtiger werdende Lerngelegenheit für Schülerinnen und Schüler[1]. Umfragen ergeben, dass bis 75 % der Jugendlichen Erklärvideos im Unterricht oder für die Vor- und Nachbereitung des Unterrichtes nutzen (Jebe, Konietzko, Lichtschlag & Liebau, 2019). Artikel aus der Unterrichtspraxis berichten, dass diese Videos auch im Unterricht genutzt werden (Kulgemeyer & Wolf, 2016). Weiter gibt es Hinweise auf positive Effekte von Erklärvideos auf den Lernprozess (Mohamed & Lamia, 2018; Kay & Kletskin, 2012; van der Meij, 2017). Offen ist allerdings, aufgrund welcher Merkmale Erklärvideos einerseits so gut von den Schülern angenommen werden und wieso sie sich in gewisser Weise als lernwirksam zeigen (Fiorella & Mayer, 2018). Um dieses Problemfeld weiter zu untersuchen, soll im Folgenden eine theoretische Rahmung für die Wirksamkeit von Erklärvideos gegeben werden. Aus dieser Rahmung lassen sich verschiedene Hypothesen ableiten, die in einer Studie geprüft werden sollen.

Theoretische Rahmung

Die theoretische Rahmung der Wirksamkeit von Erklärvideos kann in drei Aspekte aufteilt werden: die Mediale Gestaltung des Erklärvideos, die gegebene Erklärung und bezogen auf den schulischen Einsatz, die Situierung des Erklärvideos im Lernprozess. Diese Aspekte sollen im Folgenden genauer erläutert werden:

Multimediale Lernumgebungen wie Erklärvideos sprechen verschiedene Kanäle an, deren Informationen in einem weiteren Schritt verarbeitet und zusammengeführt werden (Mayer, 2007). Jedoch ist diese Informationsverarbeitung nach der Cognitive Load Theory begrenzt (Schanze & Girwidz, 2018). Hieraus ergeben sich nach Mayer (2007) für jede Form des Multimedialen Lernen verschiedene Gestaltungsaspekte, die auch ein möglichst wirksames Erklärvideo berücksichtigen sollte.

Der inhaltliche Fokus eines Erklärvideos liegt auf der Erklärung eines Sachverhalts oder einer Handlung (Wolf, 2015). Eine solche Erklärung kann von verschiedener fachdidaktischer Qualität sein. Eine fachdidaktisch *gute* Erklärung erhöht dabei die Wahrscheinlichkeit des Verstehens (Kulgemeyer & Schecker, 2009). Eine Erklärung ist nach Kulgemeyer & Schecker (2013) ein stark adaptiver Vorgang, der während des Erklärens selbst noch angepasst werden muss. Jedoch können strukturelle Merkmale einer *guten* Erklärung auch auf Erklärvideos übertragen werden. Dazu gehören das Aufgreifen typischer Präkonzepte, das Wählen einer geeigneten Mathematisierung, eine Auswahl von passenden Modellen, Analogien und Beispielen, sowie die generelle Gliederung des Erklärvideos (Kulgemeyer, 2018). Abhängig vom Ziel des Erklärvideos sollte die Struktur nach Kulgemeyer (2018) bei einer rein auf Fachwissen abzielenden Erklärung einer deduktiven Struktur, erst Regel dann Beispiel folgen, während bei einer Fokussierung auf prozedurales Wissen eine induktive Struktur, Beispiel dann Regel, zu bevorzugen ist.

Neben inhaltlichen und gestalterischen Aspekten des Erklärvideos ist für den Physikunterricht auch ihre Einbettung in Lernprozesse von Bedeutung. Erklärvideos sollen Schülern die Fähigkeit verleihen, Handlungen durchzuführen und aus diesen Handlungen zentrale Aspekte zu

[1] Für „Schülerinnen und Schüler“ wird im Folgenden die maskuline Form „Schüler“ genutzt. Dies schließt explizit Schülerinnen mit ein.

abstrahieren oder ein komplexes Konzept nachzuvollziehen (Wolf, 2015). Eine Möglichkeit dies zu erreichen ist Erklärvideos im Prozess des *Cognitive Apprenticeship* einzusetzen. *Cognitive Apprenticeship* kann grob in drei Schritte aufgeteilt werden: Vormachen – Nachmachen – Selbermachen (Duit, 2014). In Erklärvideos wird dem Schüler eine Handlung oder ein Gedankengang gezeigt, welche er zuerst nachahmt und dadurch nachvollzieht. Der Prozess des *Cognitive Apprenticeship* ist erfolgreich, wenn ein Schüler dazu befähigt wird, eine Handlung, ohne Unterstützung durchzuführen, oder er sich in einem neuen Konzept zurechtfindet. Nach Duit (2014) ist ein *Cognitive Apprenticeship* Prozess besonders erfolgreich, wenn der Schüler sehr behutsam an die neue Situation herangeführt wird. Dieses Heranführen besteht aus dem *Coaching*, in dem der Schüler intensiv Tipps bekommt, dem *Scaffolding* bei dem ein Gerüst aus Hilfestellungen für den Schüler gebaut wird und dem *Fading*, wobei die Hilfestellungen nach und nach abgebaut werden. Erklärvideos, die in der Schule genutzt werden, können das *Coaching* und *Scaffolding* unterstützen. Dafür eignen sich die Einbettungsformen des *Flipped Classrooms* und des *Blended Learning*. *Flipped* oder *Inverted Classroom* bedeutet, dass die Theoriebildung oder das Vormachen einer Handlung dem Unterricht vorgelagert wird und im Unterricht selbst die Handlung oder das Einüben von Prozessen mithilfe des Lehrers im Mittelpunkt steht (Awidi & Paynter, 2019). Im *Blended Learning* oder hier *Synchronus Learning* werden digitale Medien und klassischer Unterricht miteinander verwoben (Reinmann & Vohle, 2003). Den Schülern werden sowohl klassisches Unterrichtsmaterial als auch digitale Hilfsmittel bereitgestellt, um diese Aufgaben zu bewältigen.

Hypothesenentwicklung

Aus der Theoretischen Rahmung lassen sich Hypothesen ableiten, die im Rahmen des Projektes bearbeitet werden sollen:

H1 Die Wirksamkeit des Erklärvideos hängt von der fachdidaktischen Qualität der Erklärung ab.

Ein Video mit einer fachdidaktisch „guten“ Erklärung wird wirksamer sein als ein Video mit einer schlechteren Erklärung

H2 Die Wirksamkeit des Erklärvideos hängt von der Berücksichtigung multimedialen Aspekte bei der Gestaltung des Erklärvideos ab.

Durch eine hohe Ausprägung der Aspekte zur Multimedialen Gestaltung wird ein Erklärvideo wirksamer sein.

H3 Die Wirksamkeit hängt von der Art der Einbettung der Erklärvideos in den Lernprozess ab.

Erklärvideos müssen in einen Lernprozess hinreichend eingebunden werden. Es kann vermutet werden, dass sich ein Flipped Classroom Ansatz von einem Blended Learning Ansatz unterscheidet und dass dies zu unterschiedlichen Effekten führt.

Studiendesign

Um die Hypothesen möglichst kontrolliert zu testen, ist eine Laborstudie mit klassischem Pre-Post Design geplant. Die unabhängigen Variablen fachdidaktische Erklärqualität, multimediale Gestaltung und unterrichtliche Einbettung werden gestuft durch verschiedene Versuchsgruppen realisiert, wobei die Schüler jeweils allein arbeiten, um Effekte kooperativen Lernens auszuschließen. Als abhängige Variablen werden das Fachwissen zum elektrischen Stromkreis nach Urban-Woldorn & Hopf (2012), das deklarative Handlungswissen und im Posttest für einige Gruppen zusätzlich die Performanz beim Experimentieren videographiert erhoben. Als Kontrollvariablen dienen neben persönlichen Angaben, die Motivation und das Nutzungsverhalten bei Erklärvideos. Für beides ist ein Test selbst entwickelt und bereits erfolgreich

eingesetzt worden[2]. Die Nutzung der Videos während der Studie wird durch eine selbst geschriebene Software automatisiert erhoben.
Für die Studie wird das Themenfeld *Elektrizitätslehre – Widerstand messen und berechnen* aus der Mittelstufe der Sekundarstufe I gewählt. Thematisch wird in den Erklärvideos das Konzept des Widerstandes erläutert und beschrieben, wie man auf Grundlage von Strom- und Spannungsmessungen eben jenen Widerstand berechnen kann.
Für die Gestaltung der Videos wird auf die Elementarisierung (Reinhold, 2010) und das Modell zur Elektrizitätslehre nach Burde (2018) zurückgegriffen. Beide Aspekte werden für alle gestalteten Videos gleichgehalten. Die Variation der Videos findet in der Erklärung (**H1**) und den multimedialen Aspekten (**H2**) statt. Um Hypothese **H3** zu testen, wird ein Vergleich der Einbettung vorgenommen. Dazu wird einerseits ein *Flipped Classroom* andererseits ein *Blended Learning* Ansatz gewählt. Als Kontrollgruppe wird ein bei YouTube beliebtes Erklärvideo zum gleichen Thema genutzt, um aufklären zu können, ob allein die Distanz zum regulären Physikunterricht ohne fachdidaktische Rahmung positive Effekte zeigt. Auf eine Kontrollgruppe ohne Erklärvideo wird nach Fiorella & Mayer (2018) verzichtet. In Abbildung 1 ist das vorläufige Studiendesign graphisch dargestellt:

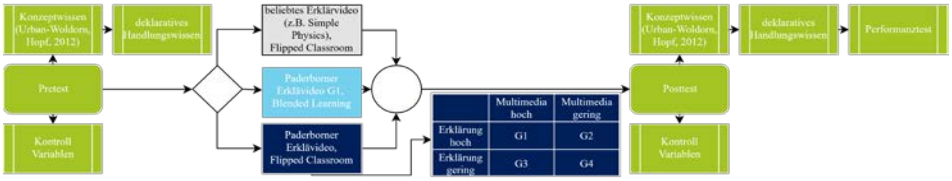


Abb. 1: Vorläufiges Studiendesign

Die Schüler bearbeiten in einem ersten Schritt den Pretest und durchlaufen dann drei verschiedene Versuchsbedingungen. In der Bedingung des *Flipped Classrooms*, in der die Betrachtung des Videos und die Anwendung des Gelernten bei der Durchführung eines Experiments zeitlich nach einander erfolgen, wird die Qualität des Videos variiert. In der Kontrollgruppe wird das beliebte Erklärvideo ebenfalls im *Flipped Classroom* eingesetzt. Bei der Versuchsbedingung *Blended Learning* werden Video und Experiment zeitgleich dargeboten. Die Variierung der Videoqualität in einem *Blended Learning* Ansatz scheint nicht sinnvoll, da etwaige Effekte einer schlechten Erklärung oder Gestaltung durch das Experiment kompensiert werden können. Die Schüler der *Blended* Gruppe erhalten während des Experimentierens ein Arbeitsblatt, welches als Laborbuch dient. Abschließend wird ein Posttest durchgeführt. Als Teil des Posttests müssen die Schüler der *Flipped* und Kontrollgruppe die im Video beschriebene Methode der Widerstandsbestimmung selbst durchführen, dieser Prozess wird videographiert. Die Schüler erhalten während des Experimentierens, dasselbe Arbeitsblatt wie die *Blended* Gruppe. Da beim *Blended Learning* das Experiment zeitgleich zum Erklärvideo stattfindet, kann ein Vergleich zwischen *Flipped Classroom* und *Blended Learning* nicht über die Performanz beim Experimentieren stattfinden, da im *Blended Learning* das Experiment bereits durchgeführt wurde. Es kann daher nur das deklarative Handlungswissen und der Fachwissenstest genutzt werden. Es wird jeweils ein einzelner Termin für Pretest, sowie für Intervention und Posttest angestrebt.

Fazit und Ausblick
Im nächsten Schritt der Studie müssen die Erklärvideos erstellt und von Experten hinsichtlich ihrer medialen Gestaltung und Erklärung validiert werden. Darauffolgend werden die Videos und Instrumente pilotiert bevor mit der Hauptstudie begonnen wird.

[2] Erste Ergebnisse können diesen Tagungsband entnommen werden, Beitrag: Szabone Varnai, A.; Sterzing F.; Reinhold, P. (2019): Motive und Verhalten bei der Nutzung von Erklärvideos.

Literatur

Awidi, I. T.; Paynter, M. (2019): The impact of a flipped classroom approach on student learning experience. In: Computers & Education 128, S. 269–283. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.09.013.

Burde, J.-P. (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells: Berlin, Logos Verlag.

Duit, R. (2014): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, E., Girwidz, R. und Häußler, P. (Hg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3. Aufl. Berlin: Springer Spektrum (Springer-Lehrbuch), S. 657–680.

Fiorella, L.; Mayer, R. E. (2018): What works and doesn't work with instructional video. In: Computers in Human Behavior 89, S. 465–470. DOI: 10.1016/j.chb.2018.07.015.

Jebe, F.; Konietzko, S.; Lichtschlag, M.; Liebau, E. (2019): Studie: "Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019. Essen: Rat für Kulturelle Bildung e. V. Online verfügbar unter https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_YouTube_Webversion_final.pdf.

Kay, R.; Kletskin, I. (2012): Evaluating the use of problem-based video podcasts to teach mathematics in higher education. In: Computers & Education 59 (2), S. 619–627. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.03.007.

Kulgemeyer, C. (2018): A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: Res Sci Educ 26 (1), S. 435. DOI: 10.1007/s11165-018-9787-7.

Kulgemeyer, C.; Schecker, H. (2009): Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kompetenzbegriffs. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15, S. 131–153.

Kulgemeyer, C.; Schecker, H. (2013): Students Explaining Science—Assessment of Science Communication Competence. In: Res Sci Educ 43 (6), S. 2235–2256. DOI: 10.1007/s11165-013-9354-1.

Kulgemeyer, C.; Wolf, K. D. (2016): Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik 27 (152), S. 36–41.

Mayer, R. E. (2007): Multimedia learning. 9. print. Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Mohamed, H.; Lamia, M. (2018): Implementing flipped classroom that used an intelligent tutoring system into learning process. In: Computers & Education 124, S. 62–76. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.05.011.

Reinhold, P. (2010): Den Physikunterricht fundieren. Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In: Mikelskis, H. F. (Hg.): Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 2. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 86–119.

Reinmann, G.; Vohle, F. (2003): Didaktische Innovation durch Blended Learning. Leitlinien anhand eines Beispiels aus der Hochschule. 1. Aufl. Bern: Huber (Huber Psychologie Praxis Lernen mit neuen Medien). Online verfügbar unter http://www.semivirtuell.de.

Schanze, S.; Girwidz, R. (2018): Lernen mit digitalen Medien. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. (Hg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, Bd. 255. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 177–192.

Urban-Woldorn, H.; Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18, S. 201–227. Online verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Urbahn.pdf, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

van der Meij, H. (2017): Reviews in instructional video. In: Computers & Education 114, S. 164–174. DOI: 10.1016/j.compedu.2017.07.002.

Wolf, K. D. (2015): Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In: Hartung-Griemberg, A., Ballhausen, T., Trültzsch-Wijnen, C., Barberi, A. und Kaiser-Müller, K. (Hg.): Filmbildung im Wandel. Wien: new academic press (Mediale Impulse, 2), S. 121–131.

Wolfgang Lutz
Thomas Trefzger
Universität Würzburg

Förderung der experimentellen Kompetenz im Flipped Classroom – Eine Erprobung von Unterrichtsmaterialien in der Optik

Einleitung

Die Kompetenzorientierung wird seit der Einführung der Bildungsstandards als Grundgedanke für die Unterrichtsgestaltung herangezogen und ist in Bayern seit der Einführung des LehrplanPlus im Schuljahr 2017/18 aktueller denn je. Im Fachprofil Physik rücken die prozessbezogenen Kompetenzen in den Mittelpunkt und in diesem Kontext vor allem die Frage nach einer kompetenzorientierten Umsetzung von Experimenten, die eigene Erfahrungen erforderlich machen. So ist im LehrplanPlus zu finden, dass die Schülerinnen und Schüler (im Folgenden abgekürzt mit SuS) „zur Förderung der experimentellen Kompetenz […] regelmäßig selbst Experimente durchführen [sollen]“ (ISB, 2019).

Die zentrale Rolle von Experimenten im Unterricht wird in zahlreichen Studien bestätigt (Kechel, 2016; Tesch, 2005; Jonas-Ahrend, 2004). Dennoch geraten Experimente, insbesondere die von den SuS selbst durchgeführten, unter der Beachtung von Leistungsmerkmalen häufig in die Kritik, zu ineffektiv zu sein (Hopf, 2007; Winkelmann, 2015). Beispielsweise experimentieren SuS oft nach rezeptartigen Anleitungen, ohne zu wissen, was sie tun (Tesch, 2005; Höttecke und Rieß, 2015; Hopf, 2007) und auf welches Ziel sie hinarbeiten (Börlin, 2012). Dem Testen von Hypothesen, so wie der eigenständigen Planung und Auswertung durch die SuS wird kaum Beachtung geschenkt (Tesch und Duit, 2004), obwohl gerade in diesem Bereich Missstände zu verzeichnen sind (Bauer, 2018). Das Experiment funktionsfähig aufzubauen und die notwendigen Messgeräte richtig einzusetzen, stellen weitere Probleme dar, an denen SuS nicht selten scheitern (Börlin, 2012). Häufig gelingt auch die Verknüpfung von Theorie und Experiment, aufgrund eines zu gering ausgeprägten Vorwissens, nicht (Hopf, Schecker und Wiesner, 2011). Vor diesem Hintergrund betonen Singer, Hilton & Schweingruber (2006) die Bedeutung der gezielten Einbettung des Experiments in den Lernprozess der SuS. Wie gelingt nun aber ein nahtloser Übergang von der Theorie zum Experiment? Zur Beantwortung dieser Frage muss zunächst geklärt werden, welche Kompetenzen SuS beim Experimentieren erwerben können.

Nawrath et al. (2011) untergliedern die beim Experimentieren relevanten Fähigkeiten in sieben Teilfacetten mit jeweils drei verschiedenen Ausprägungsstufen: 1) Fragestellung entwickeln 2) Vermutung aufstellen, 3) Experiment planen, 4) Versuch aufbauen, 5) Messen, 6) Daten aufbereiten, 7) Schlüsse ziehen. In Schülerexperimenten mit rezeptartigen Anleitungen werden die Schwerpunkte häufig nur auf den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung von Experimenten gelegt. Eigene Gedanken der SuS zur Entwicklung von Fragestellungen, zum Generieren von Hypothesen und zur Planung des Vorgehens sind in diesem Zusammenhang eher selten zu finden. Mit der Einführung des LehrplanPlus werden aber gerade diese Teilkompetenzen vermehrt gefordert. So heißt es: „Ausgehend von Fragestellungen und Hypothesen planen die Schülerinnen und Schüler Experimente und führen diese anschließend durch“ (ISB, 2019). Im Rahmen einer 45-minütigen Unterrichtseinheit gelingt es nur dann allen Ansprüchen des Schülerexperiments gerecht zu werden, wenn die SuS entweder die Auswertung nach oder die Planung vor dem Unterricht als Hausaufgabe bearbeiten. Die Einflüsse beider Unterrichtskonzepte, die im Folgenden als „klassisch“ und „flipped classroom“ bezeichnet werden, auf die Entwicklung der experimentellen Kompetenz sollen in der geplanten Studie gegenübergestellt werden.

Unterrichtskonzepte

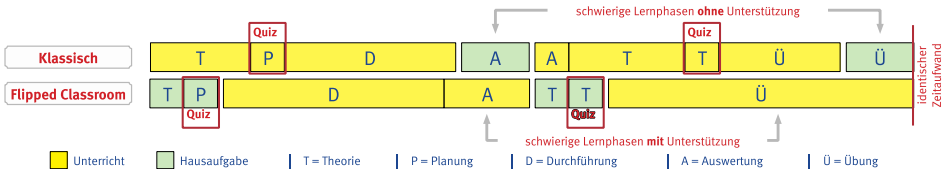


Abb. 1 Unterrichtsverlauf von zwei Unterrichtseinheiten

Die geplante Studie beinhaltet sowohl für den „klassischen“ als auch für den Unterricht im „flipped classroom“ eigens ausgearbeitete Materialien für jede Unterrichtseinheit der Intervention. Im klassisch gekennzeichneten Unterrichtskonzept (Abb. 1) motiviert die Lehrkraft das Thema der Stunde, lehrt theoretische Grundlagen und zeigt erste Phänomene durch Demonstrationsexperimente (T). Das Ende dieser Phase bildet eine offene Frage, die in einem Schülerexperiment geklärt werden soll. Zur Vorbereitung auf das Experiment (P) werden den SuS in einem kurzen Quiz gezielt Fragen zur Materialauswahl, zur Funktionsweise der Messgeräte, zur Variablenkontrolle, usw. gestellt, die die SuS individuell per Clicker beantworten. Auf diese Weise sind die Ergebnisse unmittelbar einsehbar und ermöglichen eine direkte Rückmeldung durch die Lehrkraft. In der verbleibenden Unterrichtszeit bauen die SuS das Experiment auf, führen Messungen durch und protokollieren ihre Ergebnisse (D). Für die Auswertung (A) bleibt nur wenig Zeit übrig, so dass sie hauptsächlich als Hausaufgabe bearbeitet werden muss. In der darauffolgenden Stunde werden nach einer gemeinsamen Diskussion die Ergebnisse zum Schülerexperiment gesichert (A) und die Theorie in einer weiterführenden Inputphase vertieft (T). Als Lernzielkontrolle dient erneut ein Quiz. Für die Bearbeitung von Übungsaufgaben (Ü) bleibt im Unterricht nur wenig Zeit übrig. Eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema muss somit in Form einer Hausaufgabe stattfinden.

Im „flipped classroom“-Konzept wird der Unterricht umstrukturiert (Abb. 1), indem in schülergerecht aufbereiteten Lernvideos und dem bereits beschriebenen Quiz ausgewählte Inhalte zur individuellen Vorbereitung der SuS zeitlich vor den Unterricht gesetzt werden. Auf diese Weise können sich die SuS vor der Durchführung des Experiments in ihrem eigenen Lerntempo mit den physikalischen Grundlagen, Materialien, Geräten und dem experimentellen Vorgehen vertraut machen. Im Unterricht bleibt so mehr Zeit zum Experimentieren, Auswerten und Diskutieren. In der Hausaufgabe werden die Erkenntnisse aus dem Schülerexperiment in einem Lernvideo wiederholt, gesichert und durch eine Theorie erweitert. Als Lernzielkontrolle dient ein Quiz mit einsehbaren Lösungen. Die folgende Unterrichtszeit kann vollständig für Fragen und zur Intensivierung genutzt werden.

Studiendesign

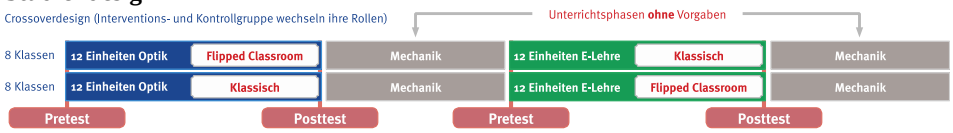


Abb. 2 Studiendesign – Interventionszeit zweimal sechs Wochen (16 Klassen, N ≈ 400)

Aktuell werden zu den beschriebenen Unterrichtskonzepten entsprechende Materialien für die 8. Jahrgangsstufe am Gymnasium für die Themenbereiche Optik und Elektrizitätslehre dimensioniert. In einem Pre-Post-Design (Abb. 2) soll in jedem Themengebiet die Entwicklung der experimentellen Kompetenz (Mek-LSA – Theyßen et al., 2016) im „flipped classroom“ der im „klassischen“ Unterricht gegenübergestellt werden. Die kognitive Leistungsfähigkeit (Heller und Perleth, 2000), das Vorwissen (Winkelmann, 2014; Muth, 2018, Urban-Woldron und Hopf, 2012), affektive Schülermerkmale, wie Interesse, Motivation und Selbstkonzept (Finkenberg, 2018; Winkelmann, 2014) bilden wichtige Variablen zur

Erklärung auftretender Varianzen (Gut-Glanzmann und Mayer, 2018) und werden deshalb miterfasst. Die Zuweisungen zu den beiden Unterrichtsmethoden (klassisch, flipped) erfolgt unter den beteiligten 16 Klassen zu gleichen Teilen und wechselt mit dem Beginn des neuen Themas. Jede Klasse übernimmt somit sowohl die Rolle der Interventions- als auch der Kontrollgruppe, um den Einfluss der Lehrervariable möglichst klein zu halten.

Pilotstudie zur Optik

Im Schuljahr 2018/19 wurden im Rahmen einer schulinternen Evaluation über einen Zeitraum von zwei Schulwochen hinweg zwei Klassen im „flipped classroom“ (n=52) und eine Klasse „klassisch“ (n=17) unterrichtet. Thematisch wurden in den vier Unterrichtseinheiten die Reflexion und die Brechung mit jeweils einem Schülerexperiment (SExp) und einer Übungsstunde (ÜStd.) behandelt. Im Fokus der Untersuchung standen zunächst die Verständlichkeit und das Nutzungsverhalten der selbst produzierten und im „flipped classroom“ eingesetzten Lernvideos (Abb. 3 und 4).

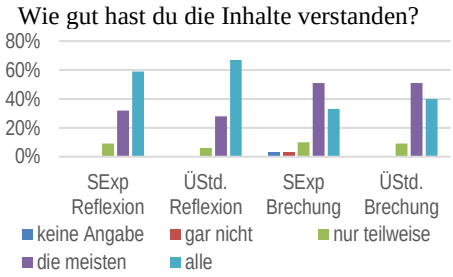


Abb. 3 Verständlichkeit der Lernvideos

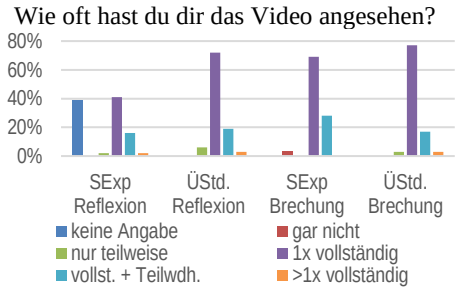


Abb. 4 Nutzungsverhalten der Lernvideos

Es zeigt sich eine durchgehend gute bis sehr gute Verständlichkeit der Lernvideos (Abb. 3), wobei die höhere Komplexität der Brechung im Vergleich zur Reflexion ersichtlich ist. Die Videos wurden meistens einmal vollständig gesehen (Abb. 4). Mit den beteiligten Lehrkräften wurde diskutiert, wie sich die Inhalte bei der Brechung didaktisch weiter reduzieren lassen und mehr Interaktivität beim Sehen der Videos erreicht werden kann.

Die SuS im „klassischen“ Unterricht zeigen im Vorwissen hoch signifikant schlechtere Leistungen ($t=-4.33$, $df=33.60$, $p < 0.001$) gegenüber der „flipped classroom“ Gruppe (Abb. 5). Im Posttest können zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede mehr festgestellt werden ($t=-1.14$, $df=28.71$, $p > 0.1$). Unabhängig von der eingesetzten Methode ist der Lernzuwachs in beiden Gruppen hoch signifikant („klassisch“: $t=-9.11$, $df=16$, $p < 0.001$; „flipped classroom“: $t=-6.98$, $df=50$, $p < 0.001$), was die Güte der entwickelten Materialien weiter bestätigt. Unterschiede ergeben sich beim Blick auf das von den SuS geleistete Arbeitspensum. Die SuS der „klassischen“ Gruppe mussten deutlich mehr Zeit für ihre Hausaufgaben investieren (Abb. 6) und bekamen von der Lehrkraft sogar eine weitere Stunde zur Verfügung gestellt, um mit den Übungsaufgaben fertig zu werden. Der „flipped classroom“ scheint demnach deutlich effektiver zu sein. Aufgrund der geringen Stichprobengröße und des kurzen Interventionszeitraums müssen die bisherigen Ergebnisse als Tendenzen gesehen werden, deren Überprüfung in der Hauptstudie erfolgt.

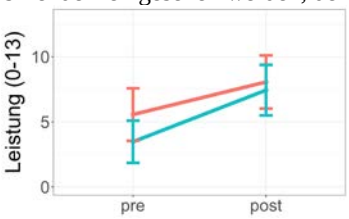


Abb. 5 Leistungsentwicklung

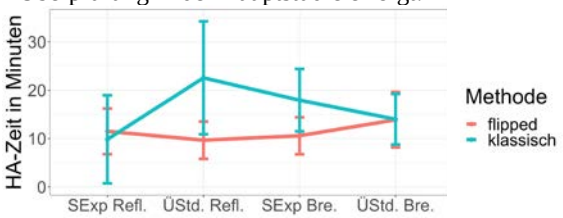


Abb. 6 Hausaufgabenzeit

Literatur

Baur, A. (2018): Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren - Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. In: ZfDN (2018) 24: S. 115–129

Börlin, J. (2012): Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 132).

Finkenberg, F. (2018): Flipped Classroom im Physikunterricht. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 260).

Finkenberg, F. & Trefzger, T. ZfDN (2019): Umgedrehter Unterricht – Flipped Classroom als Methode im Physikunterricht.

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test GmbH.

Hopf, M. (2007): Problemorientierte Schülerexperimente. Zugl.: München, Univ., Diss., 2007. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 68).

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015): Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. In: ZfDN 21 (1), S. 127–139.

Gut-Glanzmann C. & Mayer J. (2018) Experimentelle Kompetenz. In: Krüger D., Parchmann I., Schecker H. (eds) Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer, Berlin, Heidelberg

ISB (2019): Fachprofil Physik, URL: https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/physik [19.03.2019]

Jonas-Ahrend, G. (2004): Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2003. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, Bd. 34).

Kechel, J.H. (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Muth, L. (2018): Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Singer, S. R., Hilton, M. L., & Schweingruber, H. A. (2006). America's Lab Report. Investigations in High School Science. Washington, DC: The National Academies.

Tesch, M. und Duit, R. (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: ZfDN; Jg. 10, 2004, S. 51-69

Tesch, M. (2005): Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2005. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 42).

Urban-Woldron, H.; Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B., Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz – ein computergestützter Experimentiertest. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 15(1), 26-48.

Winkelmann, J. (2014): Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. Dissertation

Jenna Koenen[1]
Lars Mariot[2]
Rüdiger Tiemann[2]

[1]Technische Universität München
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Digital vs. Papier
Lernerfolg und kognitive Belastung im Vergleich

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Laborpraktika sind zentrale Bestandteile aller Studiengänge im Fach Chemie. Die Ziele der Praktika liegen in der Regel im kognitiven, psychomotorischen und affektiven Bereich (u.a. Hucke, 2000; Niedderer et al., 2003; Gokhale, 1995). In der Regel werden im Rahmen dieser Praktika papierbasierte Skripts zur Anleitung der Versuche verwendet. Diese adressieren primär den kognitiven Bereich, während sie gleichzeitig Anleitungen für die psychomotorische Umsetzung darstellen. Im Zuge der Digitalisierung werden nun mehr und mehr dieser Skripte in E-Learning-Formate überführt. Darunter werden Lernformen verstanden, die digitale Medien für die Repräsentation und Distribution von Lernmaterialen verwenden und/oder zur Unterstützung zwischenmenschlicher Kommunikation dienen (Kerres, 2001). Obwohl es viele Theorien zur Gestaltung von Lernmaterialien gibt, wie beispielsweise die Theorie der kognitiven Belastung (Sweller et al., 2011) oder die Theorie des Multimedialen Lernens (Mayer, 2009), bleiben diese bei der Transformation häufig unberücksichtigt.

Zielsetzung

Im Zuge der Digitalisierung kommt es häufig vor, dass vorher papierbasierte Materialien einfach in ein digitalisiertes Format übertragen werden. Meist ungeklärt bleibt jedoch die Frage, wie sich diese Veränderung auf das Lernen von Studierenden auswirkt. Daher untersucht diese Studie:

a) Inwieweit sich das Lernen mit den beiden verschiedenen Varianten (papierbasiert vs. digitalisiert) auf das Fachwissen der Studierenden auswirkt.
b) Inwieweit sich die aktuelle Motivation und die kognitive Belastung beim Lernen mit diesen beiden Varianten voneinander unterscheiden.

Studiendesign

Zur Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellungen wurde eine Interventionsstudie im Prä-Post-Design durchgeführt. Dabei wurden zwei Versuchsskripte in jeweils zwei verschiedenen Varianten in einem rotierten Design implementiert (s. Tab. 1). Bei der ersten Variante handelt es sich um eine papierbasierte Version des Skripts, welches durch ein papierbasiertes Glossar am Endes des Skripts ergänzt ist. Die zweite Variante stellt eine digitalisierte Version des Skripts dar. Die Erläuterungen im Glossar können in dieser Variante jeweils über Hyperlinks durch Klicken auf den jeweiligen Fachbegriff erhalten werden. Inhaltlich können beide Varianten als vollkommen identisch betrachtet werden, lediglich die Umsetzung im jeweiligen Medium variiert. Prinzipiell weisen beide Varianten außerdem die gleiche Zugänglichkeit für die Studierenden auf. Implementiert wurden zwei Skripte für Versuchsanleitungen eines Physikalisch-chemischen Praktikums. Dabei handelt es sich um die Bestimmung der Temperaturabhängigkeit, der Wärmekapazität, sowie der Entropie und Enthalpie eines Festkörpers (Versuch 1) sowie die Spektroskopische Bestimmung von Dipolmomenten im elektronischen Zustand am Beispiel von Coumarin 7 (Versuch 2).

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
1. Erhebung	Versuch 1 ✎	Versuch 2 ✎	Versuch 1 🖱	Versuch 2 🖱
2. Erhebung	Versuch 2 🖱	Versuch 1 🖱	Versuch 2 ✎	Versuch 1 ✎

Tabelle 1: Studiendesign (✎ papierbasiertes Skript, 🖱 digitalisiertes Skript)

Erhebungsinstrumente
Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Testinstrumente eingesetzt. Zu Beginn der Studie wurden zunächst die kognitiven Fähigkeiten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer mithilfe des KFT-Tests erfasst (Heller & Perleth, 2002). Jeweils vor und nach der Bearbeitung des jeweiligen Skripts wurde das Fachwissen der Studierenden zu diesem Versuch erhoben. Bei dem Instrument handelte es sich um eine Eigenentwicklung zum Zwecke dieser Studie. Vor der Bearbeitung des jeweiligen Skripts wurde die aktuelle Motivation der Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhoben. Das Instrument von Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2011) basiert auf den vier Subskalen Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung und Misserfolgsbefürchtung, welche im Rahmen der Auswertung auch getrennt betrachtet wurden. Zur Untersuchung der kognitiven Belastung wurden verschiedene Items zur Erfassung der intrinsischen, der extrinsischen und der lernbezogenen Belastung (Ayres, 2006; Cierniak et al., 2009; Leppink et al., 2013; Paas, 1992; Salomon, 1984) verwendet und einmalig während der Bearbeitung sowie am Ende der Bearbeitung der jeweiligen Skripte implementiert.

Ergebnisse
An der Untersuchung nahmen $N = 16$ Studierende teil. Diese waren im Mittel 26.12 Jahre ($SD_{Alter} = 3.48$) alt und 62.5 % waren weiblich.
Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde diese gesamte Analyse mit nicht-parametrischen Methoden durchgeführt. Diese sind gegenüber kleinen Stichproben deutlich robuster.

Die Arbeit mit dem Skript wird als zentraler Bestandteil bei der Vorbereitung eines Laborpraktikums angesehen. Diese Tätigkeit wurde im Rahmen der Studie genauer untersucht. Es zeigen sich zunächst signifikante Lernerfolge bei den Studierenden vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt in beiden Versuchen sowie in der digitalen und papierbasierten Variante. Die Studierenden lernen demnach bei der Arbeit mit dem Skript in jedem Fall hinzu. Zwischen den einzelnen Gruppen und den beiden Varianten zeigen sich jedoch keine Unterschiede. Ebenso zeigen sich keine Reihenfolge-Effekte im Design. Lernen scheint demnach unabhängig davon zu sein, welcher Versuch in welcher Variante zuerst bearbeitet wird. Diese Tatsache führt im Folgenden dazu, dass die beiden Varianten eines Versuches jeweils direkt miteinander verglichen werden können. Für das Design bedeutet diese, dass Gruppe 1 und 4 und Gruppe 2 und 3 zusammengefasst werden.

Neben dem Lernerfolg selbst, ist aber auch die dafür aufgewendete Zeit, um diesen Erfolg zu erreichen, von Interesse. Für beide Versuche zeigt sich jedoch, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Lernzeit zwischen der papierbasierten und der digitalisierten Variante gibt. Demnach kann auch keine unterschiedliche Effizienz in der Bearbeitung angenommen werden.

Die Skripts waren in beiden Varianten durch ein Glossar mit zentralen Fachbegriffen ergänzt. In der papierbasierten Variante hing dieses dem Skript an. In der digitalisierten Variante konnten die identischen Erläuterungen durch ein Klicken auf den Begriff über

einen Hyperlink sofort erhalten werden. Auf Grund dieser leichteren Zugänglichkeit könnte angenommen werden, dass in der digitalisierten Variante mehr Fachbegriffe nachgeschlagen werden. Diese Annahme bestätigt sich jedoch nicht. In der papierbasierten Variante werden im Durchschnitt 8.62 Begriffe nachgeschlagen und in der digitalen Variante 8.75 Begriffe. Welche Begriffe nachgeschlagen werden, ist in hohem Maße individuell.

Auch weitere für das Lernen relevante Parameter, wie Interesse, Erfolgswahrscheinlichkeit und das Level an Herausforderung zeigen für beide Versuche keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Variante. Lediglich die Misserfolgsbefürchtung der Studierenden bei der Bearbeitung der digitalen Variante (Mdn = 4.00) ist signifikant höher als in der papierbasierten Variante (Mdn = 1.70; U = 57.00; z = 2.63; p = .007; r = .658). Dies lässt sich allerdings nur für Versuch 2 zeigen, nicht aber für Versuch 1.

Des Weiteren lassen sich auch in Bezug auf die kognitive Belastung der Studierenden beim Lernen keine systematischen Unterschiede finden. Für die intrinsische und die lernbezogene (germane load) kognitive Belastung ergeben sich zwischen den beiden Varianten bei beiden Versuchen keine systematischen Unterschiede. Bezüglich der extrinsischen Belastung zeigt sich in der papierbasierten Variante (Mdn = .46) des Versuches 1 eine höhere Belastung ($Mdn_{digital}$ = .34; U = 11.00; z = -2.21; p = .028; r = -.553). Für Versuch 2 lässt sich dieser Unterschied allerdings nicht finden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen daher insgesamt, dass sich keine systematischen Unterschiede zwischen der digitalisierten und der papierbasierten Variante zu geben scheint, die sich für beide Versuche finden lassen. Die beiden dargestellten Ausnahmen in Bezug auf die Misserfolgsbefürchtung und die extrinsische Belastung scheinen eher zufällige Befunde darzustellen, da sie sich jeweils nur für einen der untersuchten Versuche finden lassen. Es muss jedoch auch festgehalten werden, dass eine systematische weitere Untersuchung der Unterschiede zwischen der digitalisierten und der papierbasierten Variante aufgrund der vergleichsweise geringen Stichprobe und vor dem Hintergrund der aktuellen Debatte um die Digitalisierung durchaus notwendig wäre. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass eine reine Übertragung aus dem einen in das andere Format weder förderlich noch schädlich für das Lernen der Studierenden zu sein scheint. Damit bestätigen diese Ergebnisse aber indirekt auch die Aussage von Reeves, Herrington und Oliver (2004), nachdem unterschiedliche Medien auch verschiedene Instruktionsdesigns benötigen.

Literatur

Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction, 16*(5), 389–400.

Cierniak, G., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Computers in Human Behavior, 25*(2), 315–324.

Gokhale, A. A. (1995). Collaborative Learning Enhances Critical Thinking. *Journal of Technology Education, 7*(1), 22–30.

Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeits-Test (Rev.) für 5.-12. Klasse (KFT 5-12+R*). Göttingen: Beltz-Testgesellschaft.

Hucke, L. (2000). *Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums*. Berlin: Logos-Verl.

Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung*. München, Wien: Oldenbourg.

Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods, 45*(4), 1058–1072.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York NY u.a.: Cambridge Univ. Press.

Niedderer, H., Tiberghien, A., Haller, K., Hucke, L., Sander, F. & Fischer, H. (2003). *Talking Physics in Labwork Contexts. A Category Based Analysis of Videotapes*. In D. Psillos & H. Niedderer (Hrsg.), Teaching and Learning in the Science Laboratory (Vol. 16, S. 31–40). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429–434.

Reeves, T. C., Herrington, J., & Oliver, R. (2004). A development research agenda for online collaborative learning. *Educational Technology Research and Development. 52*(4). 53-65.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica, 48*, 57–66.

Salomon, G. (1984). Television is "easy" and print is "tough": The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology, 76*(4), 647–658.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York. Springer.

Christian Dictus
Rüdiger Tiemann
Humboldt-Universität zu Berlin

Gamification
Ein Ansatz zur Erhebung mentaler Modelle?

Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung des Bildungsbereichs bietet sowohl zur Vermittlung als auch zur Erhebung von Kompetenzen neue, vielversprechende Möglichkeiten und stellt die empirischen Bildungswissenschaften dabei zugleich vor große Herausforderungen. Die mit der Digitalisierung verbundene steigende Komplexität gesellschaftlicher Probleme erfordert zudem bereits im schulischen Bereich die Förderung neuer wichtiger Kompetenzen, der sogenannten „21th century skills“, darunter Problemlösekompetenz (Funke, Fischer, & Holt, 2018; Tobinski, 2016). Eine zentrale Rolle zu einem tiefergreifenden Verständnis und damit der Befähigung zum Lösen komplexer Problemstellungen spielt unter anderem in der Chemie die Bildung mentaler Modelle. Während bereits in einigen Studien die Externalisierung mentaler Modelle auf verschiedenen Niveaustufen erfasst und beschrieben werden konnte (Furlough & Gillan, 2018), ist zu den Prozessen bei der mentalen Modellbildung bisher noch wenig bekannt.
Im Rahmen des Promotionsprojektes soll daher eine digitale Umgebung entwickelt werden, mit deren Hilfe sich die Schritte der mentalen Modellbildung abbilden und ggf. gezielt fördern lassen. Der Gamification Ansatz bietet dabei einerseits motivationale Vorteile, zudem sollen durch den gezielten Einsatz der Gamification Elemente die Schritte der mentalen Modellbildung angesteuert werden.

Theoretischer Hintergrund & Fragestellungen

Bei der Auseinandersetzung mit problembehafteten Kontexten lassen sich die folgenden vier Teilschritte identifizieren (Scherer, Meßinger-Koppelt, & Tiemann, 2014):
- Problem Verstehen und Charakterisieren
- Problem Repräsentieren
- Problem Lösen
- Lösung Reflektieren und Kommunizieren

Das Durchlaufen dieser Teilschritte lässt sich als zyklische Abfolge beschreiben (Abb. 1). Nach erfolgreichem Durchlaufen aller Teilschritte kann die Anwendung auf eine neue Problemsituation erfolgen.

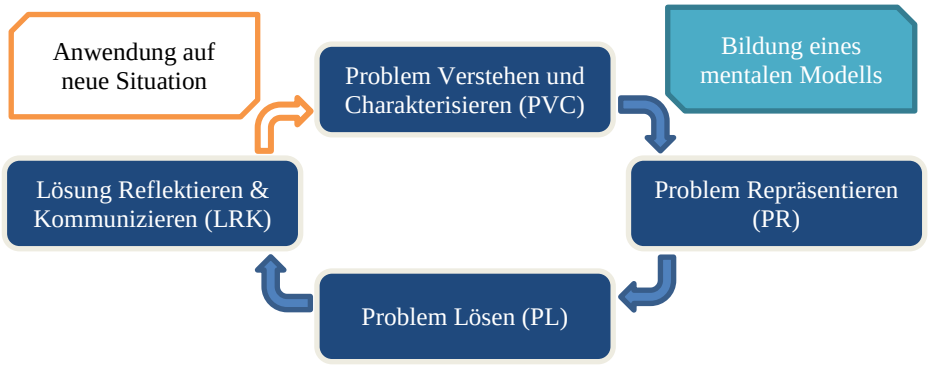


Abb. 1: Verortung der mentalen Modellbildung im Problemlöseprozess nach Scherer, Meßinger-Koppelt & Tiemann (2014)

Oftmals liegen die Schwierigkeiten der SchülerInnen bereits beim Verstehen und der genauen Charakterisierung der vorliegenden Problemstellung (Koppelt, 2011), sodass der eigentliche Problemlöseprozess gar nicht erst stattfinden kann. Innerhalb des ersten Teilschrittes bilden die SchülerInnen bei der Auseinandersetzung mit der Problemstellung ein mentales Modell des Problemkontextes (Abb. 1).

Furlough und Gillan (2018) konnten zeigen, dass Externalisierungen solcher mentalen Modelle abhängig von der Expertise innerhalb des jeweiligen Problemkontextes deutliche Unterschiede bezüglich ihrer Struktur und Komplexität aufweisen.

Zur genaueren Untersuchung und Beschreibung des mentalen Modellbildungsprozesses lässt sich aus der Theorie in Anlehnung an einen Ansatz aus der Mathematikdidaktik (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000) der situative mentale Modellbildungsansatz ableiten (Abb. 2).

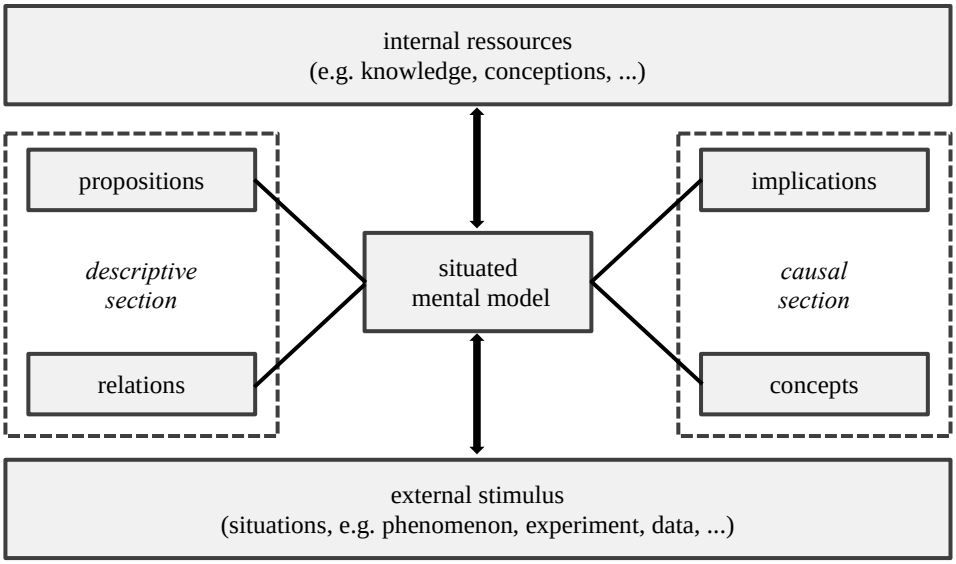


Abb.2: Ansatz zur situativen mentalen Modellbildung (SIMBA) (Tiemann, unpubl.)

In diesem Ansatz beschreibt Tiemann (ebd.) neben dem Einfluss „interner Ressourcen“ und „externer Stimuli“ auf die mentale Modellbildung vier kleinere Bestandteile, die sich wie folgt beschreiben lassen:

- Propositionen: *Sind die kleinsten durch einen Stimulus ausgelösten Sinneinheiten einer Situation.*
- Relationen: *Beschreiben die Zusammenhänge zwischen den Propositionen.*
- Implikationen: *Sind die Konsequenzen, aus den Propositionen und Relationen. Diese beschreiben Gründe für spezifische Charakteristika der Propositionen und die Relationen zwischen ihnen.*
- Konzepte: *Beschreiben übergeordnete domänenspezifische Regeln, welche aus den Konsequenzen verschiedener domänenspezifischer Implikationen generalisiert werden können.*

Eine genaue Identifizierung dieser Bestandteile bei der Bildung mentaler Modelle durch SchülerInnen könnte einen Aufschluss darüber geben, wo konkrete Schwierigkeiten zu

verorten sind. Zum gezielten Ansteuern der verschiedenen Bestandteile des Ansatzes sollen im Rahmen dieses Projektes Gamification Elemente eingesetzt werden.

Gamification bezeichnet dabei die Einbettung von „Game"-spezifischen Elementen in „Non-game"-Kontexte (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Diese Gamification Elemente lassen sich den drei Bereichen (Spiel-)Mechanik, Dynamik und Ästhetik zuordnen (Iosup & Epema, 2014). Der vor allem positive motivationale Einfluss dieser Elemente konnte bereits mehrfach empirisch belegt werden (Bernik, Radosevic, & Bubas, 2017; Buckley & Doyle, 2016; Hamari, Koivisto, & Sarsa, 2014; Sailer, Hense, Mayr, & Mandl, 2017). Für den Einsatz in universitären Kursen benennen Iosup & Epema (ebd.) sieben zentrale Gamification Elemente, die sie den beiden ersten Bereichen wie folgt zuordnen:
- Spielmechaniken: Punktesystem, Level-/Erfahrungssystem, Bestenlisten
- Spieldynamik: Status-Anzeigen (z.B. Abzeichen), Tutorials, Elemente zur sozialen Einbindung, freischaltbare Inhalte

Ausgehend davon gilt es folgende Fragestellungen zu untersuchen:
- Inwieweit lässt sich mithilfe einer virtuellen Lernumgebung der Prozess mentaler Modellbildung erfassen?
- Welche Gamification Elemente eignen sich für das Ansteuern bestimmter Bestandteile der mentalen Modellbildung?
- Wie wirken sich Gamification Elemente auf die Motivation zur Problemlösung aus?

Design

Die Entwicklung der Instrumente sowie der Methode befinden sich aktuell noch in der Planungsphase.

Literatur

Bernik, A., Radosevic, D., & Bubas, G. (2017). *Introducing Gamification into e-Learning University Courses*. Paper presented at the 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, Croatia. https://www.researchgate.net/publication/318690383

Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments, 24*(6), 14. doi:10.1080/10494820.2014.964263

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, 28-30. September, 2011). *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification".* Paper presented at the MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland.

Funke, J., Fischer, A., & Holt, D. V. (2018). Competencies for Complexity: Problem Solving in the Twenty-First Century. In E. Care, P. Griffin, & M. Wilson (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp. 41-54): Springer.

Furlough, C. S., & Gillan, D. J. (2018). Mental Models: Structural Differences and the Role of Experience. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, XX*(X), 1-19. doi:10.1177/1555343418773236

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014, 06.-09.01.2014). *Does Gamification Work? - A Literature Review of Empirical Studies on Gamification.* Paper presented at the 47th Hawaii International Conference on System Science, Waikoloa, HI, USA.

Iosup, A., & Epema, D. (2014, 03.-08.03.2014). *An experience report on using gamification in technical higher education.* Paper presented at the 45th ACM technical symposium on Computer science education, Atlanta, Georgia, USA.

Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht.* (Dr. rer. nat. Dissertation), Humboldt-Universität zu Berlin, Deutschland.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.).

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior, 69*, 371–380. doi:10.1016/j.chb.2016.12.033

Scherer, R., Meßinger-Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education, 1*(2), 15.

Tiemann, R. (unpubl.). A theoretical perspective for a situated mental model building approach (SIMBA) in Chemistry Education.

Tobinski, D. A. (2016). *Kognitive Psychologie Problemlösen, Komplexität und Gedächtnis*. In D. A. Tobinski (Series Ed.), *Springer-Lehrbuch*. doi:10.1007/978-3-662-53948-4

Wolfgang Aschauer Pädagogische Hochschule OÖ

Einführung von Gleichstromkreisen mit elektrischem Feld

Ausgangslage bzw. theoretischer Hintergrund

Elektrische und magnetische Felder sind zentrale Konzepte der Elektrizitätslehre. Dementsprechend werden Phänomene in der Elektrostatik, bei der Induktion oder bei elektromagnetischen Wellen mit Feldern erklärt und analysiert. Eine Ausnahme bilden hier meist Gleichstromkreise. Dieses Themengebiet wird im traditionellen Physikunterricht der Sekundarstufe II ohne das Feldkonzept eingeführt. Die Stromkreise werden meist nur quasistatisch betrachtet und Übergangsprozesse ausgeblendet. Es ist daher nicht überraschend, dass viele Schülerinnen und Schüler inadäquate Vorstellungen über die Bedeutung elektrischer Felder bei Gleichstromkreisen haben und falsche Kausalbeziehungen herstellen. Sie sind beispielsweise der Meinung, dass der konstante elektrische Strom das elektrische Feld hervorrufen würde (Aschauer, 2017; Rainson et al., 1994).

Unterrichtsvorschläge (Härtel, 2012; Müller, 2012; Chabay & Sherwood, 2006), in denen die Bedeutung des elektrischen Feldes für den Elektronenfluss im Gleichstromkreis, der Aufbau des elektrischen Feldes im Draht, Einschaltvorgänge und Übergangsprozesse thematisiert werden, finden sich nur vereinzelt in Lehrwerken wieder. Eine der wenigen Ausnahmen ist hier das Lehrbuch „Matter & Interactions“ (Chabay & Sherwood, 2011), welches für die Einführungskurse an amerikanischen Colleges konzipiert wurde.

Ziele des Forschungsprojekts

Die Ziele des hier beschriebenen Forschungsprojekts sind die Adaptierung des Konzepts von Chabay & Sherwood (2011) an die Gegebenheiten der Sekundarstufe II und die anschließende Evaluierung des Unterrichtskonzepts.

Unterrichtskonzept

Das entwickelte Unterrichtskonzept gliedert sich in folgende Abschnitte:

Einstieg und Motivation

Motiviert wird der Einstieg in die Thematik durch Fragen nach der Ursache des Elektronenflusses in einem Gleichstromkreis bzw. nach den Vorgängen bei Einschaltprozessen. Aufbauend auf die Vorkenntnisse werden gemeinsam mit den Lernenden folgende Inhalte erarbeitet:

- Konstante Stromstärke geht mit einer konstanten mittleren Driftgeschwindigkeit einher.
- Da die Elektronen ständig durch Stöße abgebremst werden, muss eine Kraft sie immer wieder beschleunigen.
- Diese Kraft wird durch ein elektrisches Feld hervorgerufen ($F = q \cdot E$), das dem Drahtverlauf folgt. Die Elektronen werden durch die Kraft entgegengesetzt zur Feldrichtung beschleunigt.

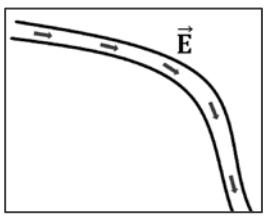


Abb. 1: In einem geschlossenen Stromkreis folgt das elektrische Feld dem Drahtverlauf.

- Aus dem Wechselspiel zwischen Beschleunigung durch das Feld und Abbremsung durch Stöße ergibt sich eine mittlere Driftgeschwindigkeit. Die Stromdichte j ist proportional zur Feldstärke und zur Driftgeschwindigkeit.

Es stellt sich daher die Frage, wodurch das elektrische Feld hervorgerufen wird.

Schließen des Stromkreises

In dieser Sequenz wird nun die vorausgegangene Frage beantwortet, indem auf die Oberflächenladungen fokussiert wird. Den Ausgangspunkt liefert hierbei die Ladungsverteilung eines nicht geschlossenen Stromkreises.

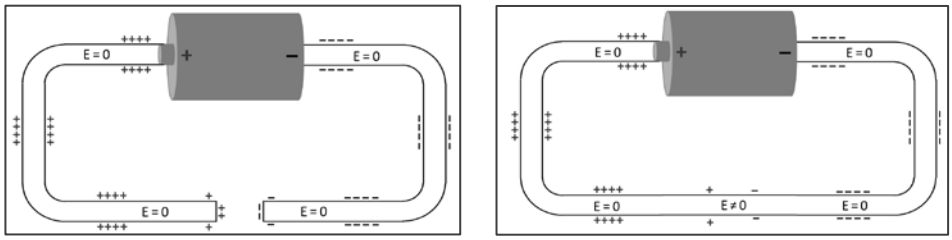


Abb. 2: Verteilung der Oberflächenladungen bei einem nicht geschlossenen Stromkreis und kurz nach dem Schließen des Stromkreises.

Wird der Stromkreis geschlossen, kommt es zu einer Umverteilung der Oberflächenladungen, die von der Stelle des Schalters ausgeht (siehe Abb. 2). Am Ende dieses Vorgangs sind die Oberflächenladungen so verteilt, dass das elektrische Feld an jedem Ort dem Drahtverlauf folgt. Die Verteilung der Oberflächenladungen wird dabei stark vereinfacht und schematisch dargestellt (siehe Abb. 3).

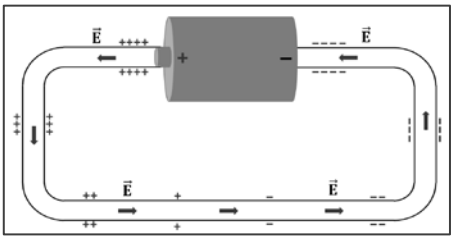


Abb. 3: Schematische und vereinfachte Darstellung der Verteilung der Oberflächenladungen bei einem geschlossenen Stromkreis.

Feedback-Mechanismus

In dieser Sequenz wird die Selbstregulation der Oberflächenladungen und des elektrischen Feldes durch einen Feedback-Mechanismus exemplarisch an einem Drahtstück mit einer Biegung erklärt. Durch den Rückkoppelungsmechanismus ordnen sich die Elektronen so an, dass das resultierende Feld dem Drahtverlauf folgt.

Zusätzlicher Widerstand

Aus der Analyse der Stromstärke, der Stromdichte und der Driftgeschwindigkeit folgt, dass in einem zusätzlichen Widerstand das elektrische Feld höher ist, als im Rest des Stromkreises (siehe Abb. 4). Als Widerstandsmodell wird sowohl ein Drahtabschnitt mit kleinerer Querschnittsfläche betrachtet, als auch ein Drahtabschnitt mit geringerer Leitfähigkeit. In beiden Fällen kommt es zur Umverteilung der Ladungen durch einen

Feedback-Mechanismus, sodass die elektrische Feldstärke im Widerstand zunimmt und im Kabel abnimmt, bis sich eine gleichgroße Stromstärke einstellt. Dieser Mechanismus wird rein qualitativ diskutiert, ohne eine Abbildung der konkreten Ladungsverteilung.

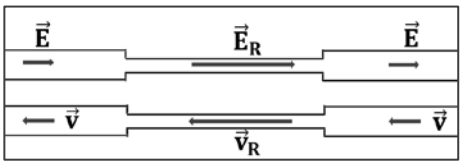


Abb.4: Elektrisches Feld und Driftgeschwindigkeit bei zusätzlichem Widerstand.

Die Erklärungen in den einzelnen Abschnitten erfolgten mündlich und wurden durch eine PowerPoint Präsentation sowie Tafelbilder unterstützt.

Methodik

Die Evaluation erfolgte im Laborsetting mit je einer Schülerin und einem Schüler der 10. Schulstufe in Form von Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992), die nach jedem Abschnitt durchgeführt wurden.

Ablauf der Akzeptanzbefragung (Wiesner & Wodzinski 1996):

- Erklärung
- Beurteilung der Erklärung
- Wiedergabe der Erklärung
- Anwendung auf konkrete Fragestellung

Die Akzeptanzbefragungen wurden videografiert und anschließend transkribiert. Insgesamt wurde das Unterrichtskonzept achtmal evaluiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der konzipierte Unterricht unter den gegebenen Bedingungen die Entwicklung von physikalisch angemessenen Vorstellungen unterstützt. Die Verteilung der Oberflächenladungen und somit der Verlauf des elektrischen Feldes im Draht wird durch die Geometrie und die Eigenschaften des gesamten Stromkreises beeinflusst. Dadurch können effektiv sequentielle und lokale Vorstellungen überwunden werden.

Spezielle Stolpersteine konnten nicht identifiziert werden. Die Erklärungen wurden einstimmig als verständlich und nachvollziehbar eingestuft. Auch bei den individuellen Wiedergaben der Probanden konnten keine Verständnisprobleme oder hinderliche Vorstellungen diagnostiziert werden. Alle Fragestellungen konnten von Probanden korrekt gelöst bzw. beantwortet werden.

In Voruntersuchungen zeigte sich, dass eine fundierte Kenntnis der Grundlagen (Feldkonzept, Beweglichkeit von Ladungen in Leitern, Coulombkraft) eine wesentliche Voraussetzung ist. Vor der Evaluation wurden daher die entsprechenden Inhalte wiederholt.

Im nächsten Schritt soll das Unterrichtskonzept ausgebaut werden, indem die Einführung des Potentials und der elektrischen Spannung integriert werden. Anschließend ist eine Evaluierung der Praxistauglichkeit in einer Feldstudie geplant.

Literatur

Aschauer, W. (2017): Elektrische und magnetische Felder – Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Serkudarstufe II. In: Niedderer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E. (Hrsg): Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 214

Chabay, R.; Sherwood, B. (2006): Reconstructing the introductory electricity and magnetism course. In: American Journal of Physics 74 (4), S. 329 – 336

Chabay, R.; Sherwood, B. (2011): Matter & Interactions (3rd ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc.

Härtel, H. (2012): Spannung und Oberflächenladungen. In: PdN Physik in der Schule 61 (5), S. 25 – 31

Jung, W. (1992): Probing Acceptance, A Technique for Investigating Learning Difficulties, In: Duit, R.; Niedderer, H. (eds.): Research in Physics Learning – Theoretical Issues and Empirical Studies, Proceedings of an International Workshop in Bremen, S. 278 – 295. Kiel: IPN

Müller, R. (2012): Was ist Spannung. In: PdN Physik in der Schule 61 (5), S. 5 – 16

Rainson, S.; Tranströmer, G.; Viennot, L. (1994): Students´ understanding of superposition of electric fields. In: American Journal of Physics 62 (11), S. 1026 – 1032

Wiesner, H.; Wodzinski, R. (1996): Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: Duit, R.; Rhöneck, C.: Lernen in den Naturwissenschaften. S. 250 – 274. Kiel: IPN

Stephanie Neppl Universität Regensburg
Karsten Rincke

Unterrichtsplanung mit Perspektiven

Woher weiß eine Lehrkraft, was ihre Schülerinnen und Schüler brauchen, damit sie verstehen, was ihre Lehrkraft ihnen vermitteln möchte? Neben einer Vielzahl an Kompetenzen und einem umfassenden Wissen in verschiedenen Domänen, wie sie in Kompetenzmodellen für den Lehrberuf zusammengefasst werden (Baumert und Kunter, 2006; Riese und Reinhold, 2010), leistet die Fähigkeit einer Lehrkraft zur Perspektivenübernahme einen wertvollen Beitrag zur Gestaltung von Interaktionen im Unterricht. Dieser erweiternde Gedanke wird im vom BMBF geförderten Projekt KOLEG2 der Qualitätsoffensive Lehrerbildung verfolgt und forschend begleitet. Hier wird unter Perspektivenübernahme verstanden das Hineinversetzen in die Wahrnehmung von Interaktionspartnern in sozialen Situationen als Subjekte mit eigenen, auch verschiedenen Sichtweisen und Handlungsabsichten oder Handlungsmöglichkeiten sowie ihre Berücksichtigung beim eigenen Interaktionsplan mit der Konsequenz eines interpersonellen Verstehens.

Perspektivenübernahme: Theoretische Hintergründe

Eine wichtige Basis bildet der symbolische Interaktionismus (Blumer, 1973), der davon ausgeht, dass Personen aufgrund von persönlichen Bedeutungszuschreibungen gegenüber Dingen handeln. Durch soziale Interaktionen handeln die Interaktionspartner die jeweiligen Bedeutungen aus, interpretieren und verändern sie. Das gemeinsame Verständnis der Interaktionspartner von einem Ding ist das Ziel, welches auch den Ausgangspunkt weiterer Handlungen bildet. Erweitert wird das Verständnis der Perspektivenübernahme um die Betrachtung von Denk- und Reflexionsprozessen, wie sie Dewey (2002) beschreibt. Der Fokus liegt auf Deweys Auffassung von reflexivem Denken als ein komplexes, gründliches, intellektuelles und emotionales Unterfangen (Rodgers, 2002, S. 844). Darin spiegeln sich die Bemühungen bei der Perspektivenübernahme wider, wenn mögliche vorliegende Sichtweisen der Interaktionspartner erkundet werden sollen. Die für dieses Vorhaben als von Dewey günstig identifizierten persönlichen Dispositionen *open-mindedness, whole-heartedness* und *responsibility* unterstützen auch den Prozess der Perspektivenübernahme. Eine weitere Grundlage geben Erkenntnisse aus der Forschung zur Personenwahrnehmung (Steins, 2014), die ein Bewusstsein für die Subjektivität von Wahrnehmung und damit verbundenen Wahrnehmungsfehler betonen. Jede Vorstellung und Annahme von möglichen Sichtweisen eines Interaktionspartners basieren auf der Konstruktion des Bildes, welches man sich von seinem Gegenüber aufbaut. Auch wenn gründlich Informationen recherchiert und Beobachtungen angestellt wurden, können nur Rückschlüsse gezogen und kein endgültiges Wissen über die wahren Gedanken oder Emotionen der anderen Person erreicht werden.

Kerngedanke und Ziel des Seminars

In einem neu entwickelten Seminar der Physikdidaktik verfolgen die Studierenden das Ziel, im Sinne der Perspektivenübernahme eine Unterrichtssequenz zu gestalten und Planungsentscheidungen kritisch zu hinterfragen. Sie stellen sich der Aufgabe, vielfältige Sichtweisen auf den Unterricht, welche sowohl eine planende Lehrkraft als auch die jeweiligen Lernenden einnehmen können, zu antizipieren und zu berücksichtigen. Die Studierenden machen sich dabei immer wieder bewusst, welche Vorstellungen auf einen Unterrichtsgegenstand aus fachlicher Sicht angebracht sind, welche möglich sind, welche

von ihnen selbst eingenommen werden und auf welche Weise etwa abweichende Vorstellungen aufgegriffen werden können. So verstehen im Idealfall alle Akteure im Unterricht voneinander, welche Vorstellungen vorliegen und für naturwissenschaftliche Bildung tragfähig sind. Um die Studierenden in diesem Anliegen zu unterstützen, erhalten sie im Seminar unterschiedliche Impulse.

Anregungen zur Perspektivenübernahme im Seminar

Eine Einführung in die theoretischen Hintergründe der Perspektivenübernahme soll die Studierenden für die Perspektivenübernahme bei einer Unterrichtsplanung sensibilisieren. Anschließend werden verschiedene, auch in der Physikdidaktik etablierte Ansätze für guten Unterricht unter dem Aspekt betrachtet, in welcher Weise sie den Gedanken der Perspektivenübernahme explizit oder implizit unterstützen. Die im Seminar geplanten Unterrichtsstunden werden gemäß der Basismodelltheorie (Krabbe, Zander und Fischer, 2015) strukturiert. Zusammen mit den Anregungen und Fragestellungen aus dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) sollen die Studierenden einen erleichterten Zugang zur Planung von Unterricht erhalten, der zudem aus kognitionspsychologischer und didaktischer Sicht den Blick zwischen den Lernenden und den Fachinhalten im Unterricht pendeln lässt.

Inhaltliche Schwerpunkte im Seminar, nach welchen die Unterrichtsstunden im Detail untersucht, ausgerichtet und gestaltet werden können, sind Ausführungen zu Schüler(fehl-)vorstellungen im Zusammenhang mit dem Unterrichtsthema (Müller, Wodzinski und Hopf, 2011; Schecker et al., 2018) sowie der zielorientierte Einsatz von Experimenten im Unterricht. Auch der bewusste und überlegte Gebrauch von sprachlichen und graphischen Mitteln und Darstellungsformen (Koch und Oesterreicher, 1994) sowie die Beleuchtung des geplanten Unterrichts hinsichtlich möglicher Emotionen werden im Seminar thematisiert.

Der methodische und organisatorische Aufbau des Seminars stellt den Austausch der Studierenden mit verschiedenen Akteuren in den Vordergrund. Zusammen mit einem Fachwissenschaftler analysieren die Studierenden ihre Darstellungen der Unterrichtsinhalte auf fachliche Korrektheit. Um eine möglichst große Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten für den Unterricht zu generieren, erstellen die Studierenden zunächst für sich selbst Unterrichtsskizzen, welche im Verlauf des Seminars gemeinsam in Gruppen zu einer in sich geschlossenen Unterrichtssequenz ausgearbeitet werden. Auf einer Lehrkräftefortbildung erfahren die Studierenden unterschiedliche Sichtweisen von Lehrkräften auf den geplanten Unterricht, indem sie ihre persönlichen Planungsgedanken mit den Lehrkräften diskutieren. Diese Lehrkräfte erproben anschließend stellvertretend für die Studierenden den neu entwickelten Unterricht in ihren Klassen. Eine Einschätzung vom Gelingen der Perspektivenübernahme erhalten die Studierenden durch ihre eigenen Erfahrungen bei der Hospitation zusammen mit Äußerungen aus Befragungen von Schülerinnen und Schülern über deren Eindrücke im Unterricht.

Forschungsinteresse und Methode

Die Struktur und Konzeption des Seminars sind abgeleitet aus theoretischen Überlegungen zur Perspektivenübernahme. Es gilt zu prüfen, inwieweit das Seminar geeignet ist, die Studierenden an die Aufgabe der Perspektivenübernahme bei der Planung von Unterricht heranzuführen. Um diese Frage zu beantworten, werden die Zielsetzungen des Seminarkonzepts dem Erleben und den Erfahrungen der Studierenden im Seminar gegenübergestellt. Es wurde eine qualitative Interviewstudie durchgeführt, an der jeweils am Ende der bisher vier Seminardurchgänge die Studierenden der Seminare (N_{gesamt} = 21) teilnahmen. In leitfadengestützten, fokussierten Interviews wurden die Studierenden zu ihren Erfahrungen im Seminarverlauf sowie ihren persönlichen Einstellungen bei der Planung des Unterrichts und der Perspektivenübernahme befragt, um die jeweiligen mentalen Modelle

der Studierenden zu erfahren (Wiedemann, 1987). Die Interviews wurden in einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Das übergeordnete Verfahren entspricht der Zusammenfassung nach Mayring (2015), Detail- und Zwischenschritte wurden im Verfahren auf die konkrete Forschungsfrage angepasst. Das erarbeitete Kategoriensystem der Zusammenfassung aller Interviews bildet das Ergebnis der Inhaltsanalyse.

Adaption des Verfahrens der qualitativen Inhaltsanalyse an das Forschungsprojekt

Um das sehr umfangreiche Datenmaterial einzugrenzen, wurden alle Interviewtranskripte einer Basiscodierung unterzogen. Durch diesen der eigentlichen Inhaltsanalyse vorgeschalteten Analyseschritt wurden von je zwei unabhängigen Kodierern auf der Grundlage eines Kriterienkatalogs alle Textstellen der Interviewtranskripte markiert, in welchen die Studierenden sich zu Planung von Unterricht oder Erfahrungen im Zusammenhang mit Unterricht äußern. Diese Textstellen sind mögliche Fundorte, an welchen sich die Studierenden auch bezüglich der Perspektivenübernahme im Seminar äußern könnten. Etwaige Differenzen bei den Markierungen wurden diskutiert und einvernehmlich als Basiscode angenommen oder abgelehnt. Die als Basiscode markierten Textstellen bilden die Gesamtheit des Materials für die nachfolgende Inhaltsanalyse.

Im nächsten Schritt wurden die Sinneinheiten im Material festgelegt, um im Laufe der Inhaltsanalyse eindeutige Textbestandteile den jeweiligen Kategorien zuordnen und Übereinstimmungsmaße von Intercodern bestimmen zu können. Die Festlegung der Segmente erfolgte durch zwei Kodierer. Die Intercoderübereinstimmung der Segmentierung wurde anhand von vier beliebig gewählten Interviews nach Green und Gilhooly (1996) bestimmt und betrug im Mittel 69,6 %. Erweitert um eine inhaltliche Übereinstimmung der Segmente betrug die Übereinstimmung im Mittel 76,65 %. Dies bedeutet, dass im Mittel 76,65 % aller Segmentgrenzen inhaltlich identisch gesetzt worden sind und das Textverständnis der beiden Kodierer für die weitere Analyse akzeptabel vergleichbar war. Die inhaltlichen Abweichungen der gesetzten Segmente durch die beiden Kodierer lag im Mittel bei 1,5 %. Die verbleibenden Segmente unterschieden sich nur in der Detaillierung der Unterteilung der Inhalte. Aufgrund dieser zufriedenstellenden Übereinstimmungswerte unterteilten die beiden Kodierer alle verbleibenden Basiscodes der Interviews unabhängig voneinander in Segmente.

Es folgten, wie von Mayring (2015) beschrieben, die Analyseschritte der Paraphrasierung, Generalisierung und Reduktion der Segmente der ausgewählten Interviews, um ein vorläufiges Kategoriensystem zu erstellen. Das Verfahren der Sortierung der Reduktionen zu dem vorläufigen Kategoriensystem gestaltete sich im vorliegenden Projekt induktiv-deduktiv. Die induktive Sortierung der Reduktionen spiegelt die Struktur und die von den Studierenden gegebene Bewertung ihrer Erfahrungen wider, während die deduktive Sortierung sowohl zeitliche als auch methodische Strukturen des Seminars ausdrückt. Durch die verschränkte induktiv-deduktive Sortierung der Aussagen entstand als Kategoriensystem eine Matrix, die sowohl seminarbedingte als auch von den Studierenden selbst hervorgebrachte Erfahrungen darstellen kann.

Mit dem mehrfach überarbeiteten und erweiterten finalen Kategoriensystem lassen sich die jeweiligen Elemente und Zielsetzungen des Seminars hinsichtlich ihrer Eignung, Perspektivenübernahme anzuregen, einschätzen. Eine Kategorie zeigt zum Beispiel, dass Studierende durch den Austausch mit den Schülerinnen und Schülern ein Bewusstsein dafür zeigen, dass Lehrkräfte und Lernende Unterrichtselemente unterschiedlich wahrnehmen und ihnen abweichende Bedeutungen zuschreiben können. Dies lässt darauf schließen, dass diese Befragung als Austauschgelegenheit im Seminar einen Beitrag leisten könnte, die Sichtweisen der Lernenden kennenzulernen und zudem in Beziehung zur Sichtweise der Lehrperson zu setzen. Es können somit Sichtweisen der Interaktionspartner wahrgenommen werden, welche bei künftigen Handlungen berücksichtigt werden können.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften [online; gedruckt]. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520. Zugriff am 08.10.2018 auf http://dx.doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Blumer, H. (1973). Der methodologische Standort des symbolischen Interaktionismus. In Arbeitsgruppe Bielefelder Soziologen (Hrsg.), *Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit* (Bd. Band 1. Symbolischer Interaktionismus und Ethnomethodologie, S. 80 – 146). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Dewey, J. (2002). Wie wir denken (how we think, 1910). Mit einem Nachwort neu herausgegeben von Rebekka Horlacher und Jürgen Oelkers (R. Horlacher & J. Oelkers, Hrsg.). Zürich: Verlag Pestalozzianum.

Green, C. & Gilhooly, K. (1996). Protocol analysis: practical implementation. In J. T. E. Richardson (Hrsg.), Handbook of qualitative research methods for psychology and the social sciences (S. 55 – 74). Wiley & Sons Ltd.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. [online; gedruckt]. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3-18. Zugriff auf ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/1997/Heft3/S.3-18_Kattmann_Duit_Gropengiesser_Komorek_97_H3.pdf

Koch, P. & Oesterreicher, W. (1994). Schriftlichkeit und Sprache. In H. Günther & L. Otto (Hrsg.), Schrift und Schriftlichkeit. Writing and its use. Ein interdisziplinäres Handbuch internationaler Forschung. An interdisciplinary handbook of international research (Bd. 10, S. 587 - 603). Berlin.

Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht - Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster: Waxmann.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz GmbH, Julius.*

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2011). Schülervorstellungen in der Physik - Festschrift für Hartmut Wiesner (3. unveränderte Aufl.; R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf, Hrsg.). Aulis Verlag Deubner.

Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 167 – 187.

Rodgers, C. (2002, June). Defining Reflexction: Another Look at John Dewey and Reflective Thinking. Teachers College Record, 104 (4), 842 – 866.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R., Fischler, H., Haagen-Schützenhöfer, C., ... Wodzinski, R. (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht - Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit, Hrsg.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2

Steins, G. (2014). Sozialpsychologie des Schulalltags, Grundlagen und Anwendungen (2. substanziell überarbeitete Auflage Aufl.). Pabst Science Publishers.

Wiedemann, P. M. (1987). *Entscheidungskriterien für die Auswahl qualitativer Interviewstrategien* (Bd. 87 – 1). Berlin: Technische Universität Berlin.

Marco Seiter[1] [1]Ruhr-Universität Bochum
Heiko Krabbe[1] [2]Goethe-Universität Frankfurt am Main
Thomas Wilhelm[2]

Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I

Vorarbeiten und aktueller Stand der fachdidaktischen Forschung

Die Forschung zeigt, dass Schülerinnen und Schüler große Lernschwierigkeiten beim physikalischen Kraftbegriff haben und trotz des Mechanikunterrichts in der Schule häufig über kein angemessenes physikalisches Verständnis verfügen (Schecker et al., 2018). Deshalb entwickelten Wiesner und Wodzinski (1994 a+b) bereits vor 35 Jahren das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept, welches auf Ideen von Jung in den 1970er Jahren zurückgeht als alternativen Zugang zur Kinematik und Dynamik. Die wesentlichen Unterschiede des zweidimensional-dynamischen Zugangs im Vergleich zum „konventionellen" bestehen darin, dass der Kraftbegriff über Bewegungsänderungen eingeführt wird und die Dynamik vor der Statik behandelt wird, sowohl was die Reihenfolge der Themen angeht als auch in Bezug auf die Gewichtung. Die Statik wird bewusst als Spezialfall betrachtet. Ebenso werden von Beginn an zweidimensionale Bewegungen betrachtet und auch alle Größen der Kinematik im Zweidimensionalen mit Betonung auf den Richtungscharakter eingeführt. Der eindimensionale Fall ist auch hier bewusst ein Spezialfall. Als Darstellung von Bewegungen werden u.a. Stroboskopbilder verwendet. Die Geschwindigkeit wird als vektorielle Größe mit Betrag, hier genannt Tempo, und Richtung eingeführt, welche mit Pfeilen dargestellt werden. Zusätzlich wird, zumindest in der Sekundarstufe I, komplett auf den Begriff der Beschleunigung verzichtet; stattdessen wird die Kinematik anhand von Stößen mit dem Begriff der Zusatzgeschwindigkeit als eigenständige Größe $\Delta\vec{v}$ behandelt. Die Zusatzgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeitsänderung durch einen Stoß oder in einem Zeitintervall Δt. Die Kraft wird als Ursache der Zusatzgeschwindigkeit definiert und das zweite Newton'sche Axiom in der integralen Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ eingeführt. Das Δt wird als die Einwirkungsdauer einer Kraft beschrieben.

Wilhelm (2005) hat in seiner Dissertation eine entsprechende Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe II entwickelt, die in der Kinematik ebenfalls von zweidimensionalen Bewegungen ausgeht, und im Vergleich zu „konventionellen" Unterricht positiv evaluiert. Dabei wurden vektorielle Größen durch Vektorpfeile ikonisch repräsentiert und außerdem im Vergleich zum „konventionellen Unterricht andere Unterrichtsstrategien und -strukturierungen sowie neue Medien (Simulationen) eingesetzt.

Das zweidimensional-dynamische Mechanikkonzept von Wiesner für die Mittelstufe wurde in Bayern für das Gymnasium adaptiert (Waltner et al., 2010) und dafür als Schulbuchersatz ein Lehrtext in Form eines Schülerhefts mit dem Titel *Einführung in die Mechanik* erstellt (Hopf et al., 2012). Auch dieser Lehrgang (im Weiteren als Münchener Mechaniklehrgang bezeichnet) wurde positiv evaluiert (Tobias, 2010; Wilhelm et al., 2009).

Kritikpunkte und offene Fragen der bisherigen Forschung

In dieser Vergleichsstudie für die Sekundarstufe I bestand die Kontrollgruppe aus Lehrkräften, die zuerst „konventionell" nach eigenem Ermessen bzw. nach Schulbuch unterrichtet haben. Im darauffolgenden Schuljahr haben diese Lehrkräfte dann für die Durchführung das Material des zweidimensional-dynamischen Mechaniklehrgangs erhalten. Somit ist der Unterricht in der Kontrollgruppe des „konventionellen" Mechanikunterrichts nicht genau bestimmbar und es fand eine simultane Veränderung mehrerer Gestaltungsmerkmale (Struktur, Medien) statt. Die Ursache der positiven Ergebnisse ist daher nicht eindeutig bestimmt. Verbesserungsbedarf besteht auch in der Leistungsmessung durch den Fachwissenstest. Den

Testaufgaben lag bisher kein Kategorien-System zugrunde, das eine gleichwertige Messung der verschiedenen Unterrichtskonzeptionen sichergestellt hat. Zwar gab es Aufgaben, deren Lösung entweder durch das „konventionelle“ oder das andere Mechanikkonzept begünstigt wurde, aber beispielsweise keine zueinander analogen ein- bzw. zweidimensionalen Aufgaben, um eine Übertragung des Gelernten zwischen den beiden Konzepten feststellen zu können. Zudem fordern manche Lehrpläne in der Sekundarstufe I die Behandlung der Beschleunigung, die im zweidimensional-dynamischen Mechaniklehrgang nicht vorgesehen ist. Aufgrund der genannten Kritikpunkte wurde eine Studie für die Mittelstufe konzipiert, in der zwei Interventionsgruppen gegenübergestellt werden, die sich in kontrollierter Weise voneinander unterscheiden. Im Kontrast zum „Münchener Mechaniklehrgang“ wurde ein „Bochumer Mechaniklehrgang“ entwickelt, der einen eindimensionalen dynamischer Zugang über konstante Kräfte anstelle von Stoßprozessen verfolgt, die übrigen Gestaltungsmerkmalen (z. B. Strukturierung, Medieneinsatz, Repräsentationsformen) des Münchener Kurses aber gleich hält (Seiter, 2018). Da der Bochumer Kurs zudem die Beschleunigung verwendet, entspricht er stärker der gängigen Lehrtradition in Deutschland. Die Forschungsfrage lautet also: Welche Auswirkungen haben verschiedene Elementarisierungen der Kinematik und Dynamik auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I, wenn die anderen Gestaltungsmerkmale kontrolliert werden?

Gegenüberstellung der Zugänge

In der folgenden Abbildung 1 wird das Bochumer Mechanikkonzept dem „konventionellen“ Mechanikunterricht und dem Münchener Mechanikkonzept gegenübergestellt.

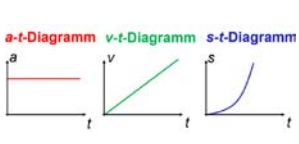
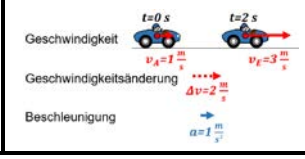
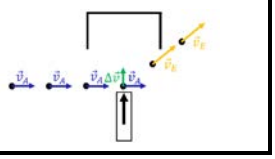
„Konventioneller“ Mechanikunterricht	**Bochumer Mechanikkonzept**	**Zweidimensional-dynamisches Konzept Frankfurt/München**
Eindimensionale Bewegungen	Eindimensionale Bewegungen	Zweidimensionale Bewegungen
Darstellung durch *s(t)*-, *v(t)*- und *a(t)*-Diagramme	Darstellung von Bewegung in Stroboskoptabellen	Darstellung von Bewegungen in Stroboskopbildern
Keine Thematisierung der Richtung	Thematisierung der Richtung	Thematisierung der Richtung
Geschwindigkeit als positive skalare Größe $v = \frac{s}{t}$	Geschwindigkeit als skalare Größe $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	Geschwindigkeit $\vec{v}$ als vektorielle Größe Tempo $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Thematisierung der Beschleunigung $a = \frac{v}{t}$	Thematisierung der Beschleunigung, Einführung der Geschwindigkeitsänderung Δv $\Delta v = a \cdot \Delta t$	Keine Thematisierung der Beschleunigung, Einführung der Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ $\vec{v}_E = \Delta\vec{v} + \vec{v}_A$
Vorgänge mit konstanten Kräften	Vorgänge mit konstanten Kräften	Stöße
Kraft als Bewegungsänderung oder Verformung	Kraft als Bewegungsänderung: $F = m \cdot a$	Kraft als Ursache der Zusatzgeschwindigkeit $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$
		

Abb. 1 Gegenüberstellung der Zugänge

Die Elementarisierung des „konventionellen“ Mechanikunterrichts wurde anhand von in Nordrhein-Westfalen zugelassenen Schulbüchern rekonstruiert. Um im Bochumer Mechaniklehrgang den Einsatz von Medien und ikonischen Repräsentationen möglichst analog zum Münchener Kurs zu halten, werden auch in diesem Lehrgang Stroboskopbilder verwendet. Um eine ikonische Darstellung von Geschwindigkeit und Beschleunigung mit Pfeilen zu ermöglichen, muss auch in diesem Lehrgang der Richtungscharakter behandelt werden. Bei eindimensionalen Bewegungen kann die Richtungsinformation durch das Vorzeichen in Bezug auf die Koordinatenachse angegeben werden. Daher kann die Geschwindigkeit und Beschleunigung als Größe mit Betrag und Richtung (Vorzeichen) eingeführt werden. Um die Struktur der beiden Lehrgänge gleich zu halten, wurde auch im Bochumer Lehrgang die Geschwindigkeitsänderung Δv als eigenständige Größe eingeführt, die sich aus der Differenz zwischen einer Anfangs- und einer Endgeschwindigkeit ergibt. Auch die Geschwindigkeitsänderung wird durch einen Pfeil dargestellt. Die Beschleunigung wird anschließend aus dem Begriff der Geschwindigkeitsänderung unter Betrachtung der Zeit entwickelt und über eine Produktgleichung $\Delta v = a \cdot \Delta t$ eingeführt. Im Gegensatz zum Münchener Mechaniklehrgang werden ausschließlich Vorgänge mit konstanten Kräften und keine Kraftstöße behandelt. Da das Einzeichnen von Geschwindigkeitsänderungs- und Beschleunigungspfeilen in Stroboskopbildern bei eindimensionalen Bewegungen sehr unübersichtlich wird, werden die Stroboskopbilder zu sogenannten Stroboskoptabellen erweitert, in dem die Größen Geschwindigkeitsänderung und Beschleunigung in separaten Zeilen unter dem eigentlichen Stroboskopbild eingezeichnet werden. Die Newton’sche Bewegungsgleichung wird in der klassischen Form $F = m \cdot a$ verwendet.

Studiendesign und Instrumente

Die Studie findet in einem Prä-/Posttest-Design statt. Dabei unterrichten zwei Gruppen von Lehrkräften (jeweils N ≈ 15) nach dem Münchener oder nach dem Bochumer Mechaniklehrgang. Die Stichprobe umfasst dabei ca. 1.200 Schülerinnen und Schüler. Als Materialien erhalten die Lehrkräfte zum einen Schülerhefte als Lehrtext, die sich dem bereits vorhanden Text *Einführung in die Mechanik* (Hopf et al., 2012) anlehnen. Des Weiteren erhalten die Lehrkräfte zu den Schülerheften passende Unterrichtsverlaufspläne. Hierdurch wird in beiden Treatment-Gruppen die Unterrichtsstruktur vorgegeben, um eine gleiche Strukturierung zu erreichen. Als Ergänzung zu den Schülerheften wurden Workbooks erstellt, die Erarbeitungs- und Übungsaufgaben enthalten. Die Workbooks sollen als Treatment-Check dienen und werden am Ende stichprobenartig kontrolliert. Um die Medien in beiden Gruppen gleich zu halten, wurden beiden Gruppen einander entsprechende Simulationen zur Verfügung gestellt. Der Durchführung der Unterrichtsreihe geht jeweils eine Lehrerfortbildung voraus, in der zum einen der jeweilige Mechaniklehrgang mit seiner spezifischen Elementarisierung vorgestellt wird und zum anderen alle Materialien durchgegangen werden, um die erwartete Strukturierung der Lehrgänge deutlich zu machen. Dadurch soll in beiden Lehrgängen eine gleiche Ausgangslage garantiert werden. Für die Evaluation der beiden Lehrgänge wird der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler gemessen. Hierzu wird ein Fachwissenstest zu Kraft und Bewegung eingesetzt, der 27 Items umfasst. Er enthält unter anderem Aufgaben des FCI (Hestenes et al., 1992), Aufgaben zu Kraft und Bewegung von Alonzo (2009) sowie Eigenentwicklungen. Der Test wurde vorab pilotiert und die Items anhand einer Raschanalyse ausgewählt. Dabei wurde in Hinblick auf eindimensionale und zweidimensionale Aufgaben sowie Aufgaben mit konstanten Kräften und mit Stößen auf gleichartige Anforderungen geachtet, damit kein Lehrgang bevorzugt wird. Der Lernerfolg ergibt sich aus der Differenz zwischen Prä- und Posttest. Des Weiteren werden das Interesse im Fach Physik und das fachspezifische Selbstkonzept (Frey et al., 2009) erfasst, sowie ein Intelligenztest (Heller & Perleth, 2000) durchgeführt.

Literatur

Alonzo, A. C.; & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. Science Education, 93, 389-421.

Frey, A. et al. (Hrsg.). (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Münster: Waxmann.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision KFT 4-12 + R. Göttingen: Hogrefe.

Hestenes, D.; Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 141-158.

Hopf, M.; Wilhelm, T.; Waltner, C.; Tobias, V.; Wiesner, H. (2012). Einführung in die Mechanik, 4. Auflage, München, Würzburg, veröffentlicht unter www.thomas-wilhelm.net/Mechanikbuch_Druckversion.pdf

Seiter, M. (2018). Vergleichende Rekonstruktionen von Zugängen zur Kinematik und Dynamik in der Sekundarstufe I. Masterarbeit an der Ruhr Universität Bochum.

Tobias, V. (2010). Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. Die Wirksamkeit einer Einführung über zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen. In: Studien zum Physik-und Chemielernen. Band 105, Berlin: Logos-Verlag.

Waltner, C.; Tobias, V.; Wiesner, H.; Hopf, M.; Wilhelm, T. (2010). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Dynamik in der Mittelstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 7, 59. Jahrgang, S. 9-22.

Wiesner, H.; Wilhelm, T.; Rachel, A.; Waltner, C.; Tobias, V.; Hopf, M. (2011). Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. In: Reihe Unterricht Physik, Band 5, Aulis-Verlag (später erschienen unter: Wiesner, H.; Wilhelm, T.; Waltner, C.; Tobias, V.; Rachel, A.; Hopf, M. (2016). Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Aulis-Verlag.)

Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung. In: Studien zum Physik-und Chemielernen. Band 46, Berlin: Logos-Verlag.

Wilhelm, T.; Tobias, V.; Waltner, C.; Hopf, M.; Wiesner, H. (2011). Zweidimensional-dynamische Mechanik – Ergebnisse einer Studie. In: Höttecke, D. (Hrsg.). Konzepte fachdidaktischer Strukturierung. Jahrestagung der GDCP in Potsdam 2010, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31, Münster: Lit-Verlag, S. 438-440.

Wilhelm, T.; Wiesner, H.; Hopf, M.; Rachel, A. (2013). Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik. In: Reihe Unterricht Physik, Band 6, Aulis-Verlag

Wodzinski, R.; Wiesner, H. (1994a). Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 5, 32. Jahrgang, S. 164-169.

Wodzinski, R.; Wiesner, H. (1994b). Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Zusatzbewegung und Newton'sche Bewegungsgleichung. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 6, 32. Jahrgang, S. 202-207.

Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]
Thomas Schubatzky[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Thomas Wilhelm[3]

[1]Karl-Franzens-Universität Graz
[2]Eberhard Karls Universität Tübingen
[3]Goethe-Universität Frankfurt

Fidelity of Implementation im Zuge fachdidaktischer Entwicklungsarbeit

Hintergrund

Die Entwicklung evidenzbasierter Unterrichtskonzepte (eUk) ist seit Jahren fester Bestandteil fachdidaktischer Forschung (Burde & Wilhelm, 2018; Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf, & Wiesner, 2011). Ihre Evaluation findet meist in einem (quasi-)experimentellen Design statt. Werden derartige Studien in einem Feldsetting durchgeführt, bleiben jedoch häufig relevante Fragen für die Bewertung des Konzepts offen, wie: Wurde das eUk so umgesetzt, wie ursprünglich von den Entwicklern angedacht? Welche Aspekte wurden mehr bzw. weniger genau umgesetzt? Welche Aspekte des eUk tragen besonders zur gewünschten Wirkung bei?
Diese offenen Punkte resultieren unter anderem in einer verringerten internen Validität von Entwicklungsprojekten, da positive oder negative Effekte nicht direkt mit den entwickelten Materialien in Verbindung gebracht werden können. Zur Steigerung der internen Validität stellen wir in diesem Beitrag daher das Konzept von Fidelity of Implementation (FOI) für fachdidaktische Entwicklungsforschung vor. Damit soll es gelingen, die Effektivität evidenzbasierter Unterrichtskonzepte unter besonderer Berücksichtigung der Umsetzungstreue einzuschätzen, ohne jedoch Wirkmechanismen einzelner Variablen des eUks selbst aufzulösen. Nach einer kurzen Beschreibung des ursprünglichen Konstrukts FOI wird in diesem Beitrag ein Rahmenkonzept für die Entwicklung von FOI-Instrumenten speziell für Design-Based Research Projekte, beispielhaft durchgeführt am Projekt EPo-EKo (Haagen-Schützenhöfer et al. 2019), dargestellt.

Fidelity of Implementation

Typische Kontroll-Treatmentgruppen Untersuchungen geben in der Regel eine gute Antwort auf die Frage „Funktioniert die Intervention?“. Aspekte, die das „Warum?“ oder „Wie?“ betreffen, oder Fragen wie „Unter welchen Bedingungen erzielt das evidenzbasierte Unterrichtskonzept eine besonders hohe Wirkung?“, bleiben dabei aber offen (Century, Rudnick, & Freeman, 2010). Hinzu kommt, dass per se nicht davon ausgegangen werden kann, dass Lehrkräfte entwickelte Unterrichtskonzepte automatisch so umsetzen, wie diese von den Entwicklern angedacht sind. Dies kann zur Annahme verleiten, dass grundsätzlich immer eine konzepttreue Umsetzung des Unterrichtskonzeptes vorliegt und dass keine zusätzlichen Faktoren zu den beobachteten Unterschieden zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe beitragen. Die Intervention wird in derartigen Fällen zu einer „black box“ (Century et al., 2010).
Die Kernidee von Fidelity of Implementation besteht in dem Versuch, diese „black box“ etwas näher zu beleuchten. Fidelity of Implementation (O’Donnell, 2008) kann salopp als Treuegrad der Umsetzung übersetzt werden. Fullan (2001) beschreibt FOI bei der Umsetzung eines Unterrichtskonzeptes zum Beispiel mit „to implement it [das Unterrichtskonzept] faithfully in practice – that is, to use it as it is ‚supposed to be used‘, as intended by the developer“. Fidelity of Implementation beschreibt also insgesamt die Relation zwischen dem *intendierten Unterrichtskonzep*t und der *tatsächlich von einer Lehrkraft umgesetzten Unterrichtsintervention*. Stains & Vickrey (2017) beschreiben in ihrem Rahmenkonzept für die Entwicklung von FOI-Messinstrumenten die Identifizierung von „critical components“ – also Komponenten, deren Vorhandensein das eUk in spezieller Weise charakterisieren und deren Umsetzung folglich

relevant ist. Diese kritischen Komponenten ergeben sich aufgrund der Operationalisierungen von (lokalen) Interventionstheorien der Entwickler im eUk und umfassen diejenigen Charakteristika der eUks, deren Implementierung nachvollzogen werden muss, um den Grad der Umsetzungstreue bestimmen zu können. In anderen Worten: Fidelity of Implementation beschreibt das Ausmaß, in welchem die kritischen Komponenten einer beabsichtigten Intervention tatsächlich in der Umsetzung anzufinden sind.

Fidelity of Implementation und Design-Based Research

Auf den Bereich des Design-Based Research (DBR) lassen sich einige Aspekte bereits bestehender FOI-Rahmenkonzepte (Bond, Becker, Drake, & Vogler, 1997; Century et al., 2010; Mowbray, Holter, Teague, & Bybee, 2003) übertragen, andere benötigen eine Adaptierung. So ist das Ziel von DBR, ein praktisches Problem zu lösen, welches Implikationen für den Praktiker hat (Wilhelm, Spatz, Waltner, Hopf, & Wiesner, 2012). In diesem Sinne muss ein Rahmenmodell für FOI im Kontext von DBR (FOI@DBR) kritische Komponenten enthalten, deren Erhebung auch in einem Feldsetting mit einem möglichst geringen zusätzlichen Aufwand für teilnehmende Lehrkräfte bewältigbar ist. In diesem Beitrag wird exemplarisch eine Anwendung von FOI@DBR im Projekt „EPo-EKo“ (Burde et al., dieser Band) vorgestellt. In dieser Anwendung des Rahmenkonzepts stellen die im Zuge der Entwicklung des evidenzbasierten Unterrichtskonzepts „EPo“ (Burde et al., 2018) entstandenen Designkriterien zugleich die Grundlage für die kritischen Komponenten der FOI-Instrumente dar. Die einzelnen FOI-Kriterien (als operationalisierte kritische Komponenten, die aus den Designkriterien resultieren) werden dazu in Oberkategorien, sogenannte FOI-Dimensionen, zusammengefasst. Die FOI-Dimensionen dienen dabei als zusätzlicher, übergeordneter Organisationsrahmen.

Vorgehensweise bei der Entwicklung eines FOI@DBR-Instruments

Die Entwicklung des FOI@DBR-Instruments untergliedert sich insgesamt in fünf grobe Entwicklungsphasen, wobei eine zyklische Überarbeitung innerhalb jeder Entwicklungsphase sinnvoll ist. Eine Übersicht der Abfolge und Anlage dieser Phasen ist in Abbildung 1 zu sehen. Die erste Phase besteht aus einer induktiven Ableitung von FOI-Kriterien und -Dimensionen aus dem eUk sowie aus der Literatur über das eUk. In der konkreten Umlegung auf unser Projekt bedeutet das: Das im Zuge des Projekts EPo-EKo weiterentwickelte Frankfurter Unterrichtskonzept EPo wurde als Schülertext/-material in Schulbuchform entwickelt. Aus diesem Schülertext sowie aus den aus der Literatur für dieses eUk abgeleiteten Designkriterien wurden schließlich FOI-Kriterien sowie Dimensionen entwickelt. Das Ziel dieses Schrittes besteht also darin, relevante Designkriterien des eUks zu identifizieren und schließlich in FOI-Kriterien zu transformieren.

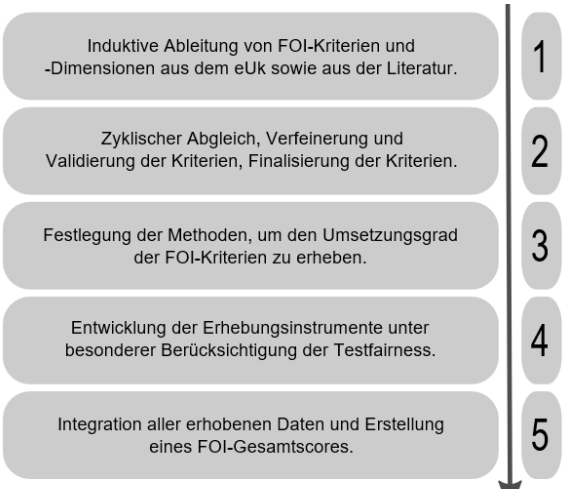


Abb. 1: Entwicklungsphasen eines FOI@DBR-Instruments

Auf Basis dieser Ableitung von FOI-Kriterien werden in der zweiten Entwicklungsphase die Kriterien und Dimensionen finalisiert. In unserem Fall wurde dies in mehreren Überarbeitungszyklen

in kommunikativem Abgleich mit den Entwicklern durchgeführt und validiert. Stehen die FOI-Kriterien und -Dimensionen final fest, werden in der dritten Entwicklungsphase die Erhebungsmethoden für die FOI-Kriterien festgelegt. Um den Umsetzungsgrad aller FOI-Kriterien ermitteln zu können, scheint eine durchgängige Unterrichtsbeobachtung ideal. Im Projekt EPo-EKo ist eine solche aus administrativen, rechtlichen und ressourcentechnischen Gründen nicht möglich, weshalb auf Selbstauskünfte der Lehrkräfte zurückgegriffen wird. Die Lehrkräfte werden gebeten, die Umsetzung des als Schulbuch fixierten eUks mithilfe eines vorstrukturierten Unterrichtslogbuches zu dokumentieren. Für einen Teil der FOI-Kriterien lässt sich die Implementierungstreue direkt aus diesem Logbuch ableiten. Für andere Kriterien ist dieses Vorgehen nicht möglich, weshalb auf zusätzliche Erhebungsmethoden zurückgegriffen werden muss. Die FOI-Kriterien sollen mithilfe eines Fragebogens erhoben werden. In Entwicklungsphase vier steht daher die Entwicklung der Erhebungsinstrumente unter besonderer Berücksichtigung der Testfairness im Vordergrund. Insgesamt müssen dabei Items entstehen, die testfair Bezug darauf nehmen, ob die als Instruktionselemente eines Schulbuchtextes transformierten Designkriterien wie intendiert bestimmte Unterrichtshandlungen ausgelöst haben bzw. wie detailgetreu dies geschehen ist.
Die fünfte und letzte Entwicklungsphase beinhaltet die Integration aller erhobenen Daten (Logbuch, Heft, Fragebogen) um schließlich die Fidelity of Implementation zu ermitteln. Ziel dabei ist einerseits die Erstellung eines gesamten FOI-Scores, welcher die Umsetzungstreue quantifiziert. Andererseits sollen durch die Analyse einzelner FOI-Kriterien auch detaillierte Schlüsse auf die Akzeptanz der Lehrkräfte möglich sein.

Beispiele für FOI-Designdimensionen, Kriterien und Items
Aus den für das eUk „EPo“ entwickelten FOI-Kriterien wurden insgesamt fünf FOI-Dimensionen abgeleitet: (1) Grundlegende Denkmuster, (2) Themenreihenfolge, (3) Analogien, (4) Sprachliche Repräsentationsform und (5) Graphische Repräsentationsform. Außerdem wurde die Dimension „typischer Unterricht“ hinzugefügt, um zu erheben, inwiefern die Lehrkräfte Aspekten eines typischen Zugangs gefolgt sind. In Abbildung 2 ist zur Illustration ein Beispielitem für die Dimension „Sprachliche Repräsentationsform“ dargestellt.

In meinem Elektrizitätslehreunterricht ...

A	ausschließlich A	überwiegend A	teils - teils	überwiegend B	ausschließlich B	B
... wurde der Begriff „Stromstärke“ verwendet.	O	O	O	O	O	... wurde der Begriff „Intensität der Elektronenströmung“ verwendet.

Abb. 2: Beispielitem aus der Designdimension „Sprachliche Repräsentationsform“

Aktueller Stand und Ausblick
Aktuell wird der entwickelte FOI-Fragebogen mithilfe eines Online-Tools an die im „EPo-Strang“ des Projekts „EPo-EKo“ involvierten Lehrkräfte administriert. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Fidelity of Implementation zwischen den Lehrkräften zu einem beachtlichen Teil streut. Nach der finalen Ermittlung eines FOI-Scores für alle Lehrkräfte soll schließlich der Zusammenhang mit dem Lernzuwachs untersucht werden.

Literatur

Bond, G. R., Becker, D. R., Drake, R. E., & Vogler, K. M. (1997). A fidelity scale for the individual placement and support model of supported employment. *Rehabilitation Counseling Bulletin, 40*, 265–284.

Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2018). Empirische Befunde zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells. In Maurer Christian (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimension* (pp. 122–125).

Century, J., Rudnick, M., & Freeman, C. (2010). A Framework for Measuring Fidelity of Implementation: A Foundation for Shared Language and Accumulation of Knowledge. *American Journal of Evaluation, 31*(2), 199–218. https://doi.org/10.1177/1098214010366173

Fullan, M. (2001). *The Meaning of Educational Change*. New York, NY: Teachers College Press.

Haagen-Schützenhöfer, C., Burde, J.-P., Hopf, M., Spatz, V., & Wilhelm, T. (2019). Using the electron-gas model in lower secondary schools - a bi-national Design-Based-Research-Project. In E. McLoughlin & P. van Kampen (Eds.), *Concepts, Strategies and Models to Enhance Physics Teaching and Learning* (1st ed., pp. 3–12). Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer.

Mowbray, C. T., Holter, M. C., Teague, G. B., & Bybee, D. (2003). Fidelity criteria: Development, measurement, and validation. *American Journal of Evaluation, 24*(3), 315–340.

O'Donnell, C. L. (2008). Defining, Conceptualizing, and Measuring Fidelity of Implementation and Its Relationship to Outcomes in K–12 Curriculum Intervention Research. *Review of Educational Research, 78*(1), 33–84. https://doi.org/10.3102/0034654307313793

Stains, M., & Vickrey, T. (2017). Fidelity of Implementation: An Overlooked Yet Critical Construct to Establish Effectiveness of Evidence-Based Instructional Practices. *CBE Life Sciences Education, 16*(1). https://doi.org/10.1187/cbe.16-03-0113

Wilhelm, T., Spatz, V., Waltner, C., Hopf, M., & Wiesner, H. (2012). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Ed.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Vol. 32. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht: Jahrestagung der GDCP in Oldenburg 2011* (pp. 31–47). Münster: Lit-Verlag.

Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M., & Wiesner, H. (2011). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Jahrestagung der GDCP in Oldenburg*, 31–47.

Marisa Pfläging
Dirk Richter
Andreas Borowski

Universität Potsdam

Entwicklung einer Fortbildung zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses

Ein Ziel der gymnasialen Oberstufe ist die Förderung „allgemeine[r] Studierfähigkeit“ und „wissenschaftspropädeutische[r] Bildung“ (Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung, 1972, S.5) von Schüler*innen. Um diesen Zielen näher zu kommen führen seit 1999/2000 immer mehr Bundesländer in der gymnasialen Oberstufe Seminarkurse[*] ein (Huber & Kurnitzki, 2012), in denen Schüler*innen die Gelegenheit haben, eine besondere Lernleistung zu erbringen (Bosse, 2019). Eine mögliche Form einer solchen Leistung ist beispielsweise eine wissenschaftliche Seminararbeit. Jährlich werden speziell naturwissenschaftliche Seminararbeiten für den Dr. Hans Riegel-Fachpreis eingereicht. Bei diesen Arbeiten stellen sich immer wieder große Unterschiede bzgl. der wissenschaftlichen Qualität heraus. Für die Betreuungen von Schüler*innen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten sind u.a. adäquate Vorstellungen der Lehrkräfte über Nature of Science (NOS) sowie die naturwissenschaftliche Arbeitsweise von Bedeutung. Es gibt Evidenz dafür, dass nicht nur bei Schüler*innen (vgl. Höttecke & Hopf, 2018), sondern auch bei (angehenden) Lehrkräften zum Teil (inkonsistente) Vorstellungen über Aspekte von NOS vorliegen (Abd-El-Khalick & BouJaoude, 1997; Höttecke & Rieß, 2007). Aus diesen Gründen fördert die Dr. Hans Riegel-Stiftung nun eine Lehrkräftefortbildung zur Planung und Durchführung wissenschaftspropädeutischer Seminarkurse sowie zur Bewertung der Seminararbeiten von Schüler*innen. Ziel dieser Fortbildungsmaßnahme ist darüber hinaus das Erlangen eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses der teilnehmenden Lehrkräfte.

Theorie

Qualität von Lehrkräftefortbildungen

Für die *Qualitätssicherung* von Lehrkräftefortbildungen ist es sinnvoll, wissenschaftliche Erkenntnisse über die Effektivität einer Lehrkräftefortbildung zu berücksichtigen (Desimone, 2009). Bislang ist wenig darüber bekannt, welchem Phasenablauf ein effektiver Lernprozesses von Lehrkräften in Fortbildungen folgt. Nach Hashweh (2003) sowie Timperley, Wilson, Barrar und Fung (2007) liegen jedoch Hinweise vor, dass das Erzeugen „gemäßigte[r] kognitiver Dissonanzen“ für den Konzeptwechsel bei Lehrpersonen im Rahmen von Fortbildungen von Bedeutung ist (Lipowsky, 2011, S.404). Mithilfe der Basismodelle nach Oser & Baeriswyl (2001) kann ein Lernprozess gestaltet werden, der auf kognitions- und lernpsychologischen Theorien basiert. Zu verschiedenen Lehrzielen sind dabei verschiedene lineare und generalisierbare Schritte in der Tiefenstruktur vorgegeben, die Operationen für die Lernenden darstellen und einen wirksamen Lernprozess ermöglichen (Oser & Baeriswyl, 2001). Auch für das Lernen von Lehrkräften in einer Fortbildung kann demnach davon ausgegangen werden, dass der Lernzuwachs der Lehrkräfte vom Ablauf und der Struktur des Lernprozesses abhängig ist.

Veränderung von Vorstellungen von Lehrkräften

Auch für die Veränderung von Vorstellungen ist ein Lernprozess erforderlich. Aus kognitionspsychologischer Perspektive ist unter Lernen die Veränderung „vorhandene[r] Wissensrepräsentationen (Schemata, semantische[r] Netzwerke, mentale[r] Modelle)“ (Maier,

[*] Die Bezeichnungen für solche Kurse variieren in Abhängigkeit vom Bundesland.

2017, S.95) zu verstehen. Für einen solchen Lernprozess liegen verschiedene Conceptual Change-Ansätze vor. Speziell für den Umgang mit fachlich inadäquaten Vorstellungen von Schüler*innen scheint nach der aktuellen Forschungslage die Weiterentwicklung von Wissensrepräsentationen (Conceptual Growth) wirksamer zu sein als die Umstrukturierung dieser durch die Erzeugung kognitiver Konflikte (Wilhelm & Schecker, 2018). Eine Transformation, also Umstrukturierung der Wissensrepräsentation kann nach Oser & Baeriswyl (2001) mit der Tiefenstruktur „Entwicklung als Bildungsziel" erreicht werden. Dabei wird ein Disäquilibrationsprozess bei den Lernenden erzeugt. Die „Konstruktion eines Wissensnetzwerks", also die Weiterentwicklung von Wissensrepräsentationen kann nach Oser und Baeriswyl (2001) mit der Tiefenstruktur „Konzeptbildung" erreicht werden. Der Lernprozess durch dieses Modell ist so aufgebaut, dass lediglich an das Vorwissen der Lernenden angeknüpft wird und auf dieser Grundlage in weiteren Schritten neues Wissen aufgebaut wird. Offen ist, wie sich diese beiden verschiedenen Lernprozesse auf die Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehrpersonen auswirken.

Forschungsfrage

Um erste Hinweise über den Ablauf eines wirksamen Lernprozesses im Rahmen einer Lehrkräftefortbildung zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses zu erlangen, lässt sich die folgende Forschungsfrage formulieren:
Welchen Einfluss hat die Tiefenstruktur einer Fortbildung („Konzeptbildung" vs. „Entwicklung als Bildungsziel") auf die Veränderung der Vorstellungen von Lehrkräften im Bereich des für das wissenschaftliche Schreiben und Arbeiten relevanten Wissenschaftsverständnisses?

Die Beantwortung dieser Forschungsfrage kann gleichzeitig erste Hinweise auf die Wirksamkeit der verschiedenen Conceptual Change-Strategien für die Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehrkräften liefern.

Methodisches Vorgehen

Gestaltung der Fortbildungsreihen

Diese Forschungsfrage soll mithilfe der von der Dr. Hans Riegel-Stiftung geförderten Fortbildungsmaßnahme untersucht werden. Dazu werden auf Grundlage bildungswissenschaftlicher und naturwissenschaftsdidaktischer Qualitätskriterien zwei Fortbildungsreihen gleichen Inhalts konstruiert, deren vier Veranstaltungen sich jedoch in ihrer Tiefenstruktur unterscheiden. Die ersten drei Veranstaltungen der ersten Reihe werden jeweils mit dem Basismodell „Konzeptbildung" und die ersten drei Veranstaltungen der zweiten Reihe mit dem Basismodell „Entwicklung als Bildungsziel" nach Oser und Baeriswyl (2001) geplant. Jede Fortbildungsreihe ist auf maximal 20 Lehrkräfte mit einem oder mehreren der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer Biologie, Chemie, Geografie, Physik und/oder Informatik des Landes Brandenburg ausgelegt. Die einzelnen Fortbildungsveranstaltungen umfassen jeweils sieben Stunden und finden an Mon- und Freitagen statt. Zwischen den einzelnen Veranstaltungen liegen jeweils 4-5,5 Wochen Schulpraxis, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Veranstaltungen in den verschiedenen Reihen gleich gehalten werden. Beide Fortbildungen werden durch einen geschulten Fortbildner mit langjähriger Erfahrung als Lehrperson, aber auch in der Wissenschaft durchgeführt. Die Fortbildungsmaßnahme dient speziell dem Kompetenzerwerb von Lehrkräften bezüglich der Unterstützung und Betreuung von Schüler*innen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten und Schreiben im Rahmen von wissenschaftspropädeutischen Seminarkursen in der brandenburgischen gymnasialen Oberstufe. Inhaltlich werden in den ersten beiden Veranstaltungen der beiden Fortbildungsreihen zunächst thematisch die einzelnen Schritte des naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesses durchlaufen (siehe Abb. 1). In der dritten Veranstaltung wird daraufhin das

Schreiben und in der vierten Veranstaltung schließlich das Bewerten naturwissenschaftlicher Arbeiten thematisiert.

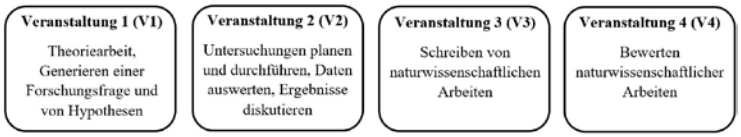


Abb. 1: *Inhaltliche Schwerpunkte der vier Veranstaltungen der Fortbildungsmaßnahmen*

In jeder Veranstaltung erfolgt dabei die explizite Vermittlung und Reflexion von Aspekten über die Naturwissenschaften, die für die einzelnen Bereiche relevant sind.

Studiendesign

Im Rahmen der Haupterhebung dieses Projekts erfolgen zwei Fortbildungsdurchläufe mit jeweils zwei Fortbildungsreihen, die wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, gestaltet sind.

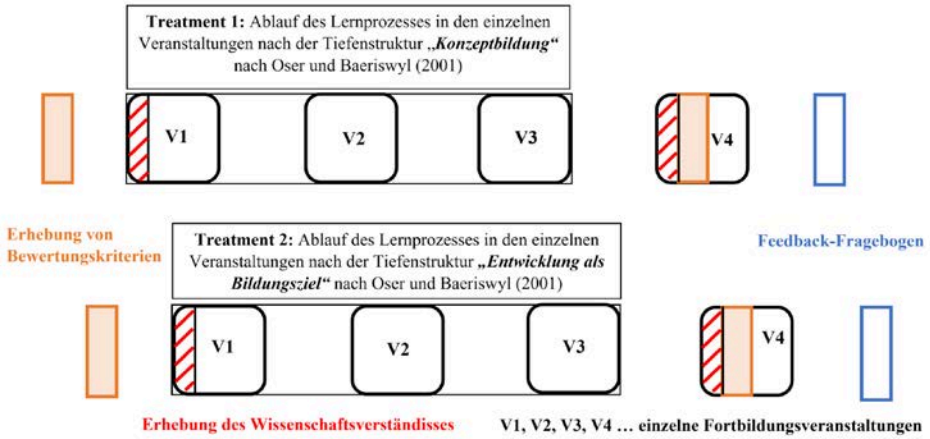


Abb 2: *Studiendesign zur Untersuchung des Einflusses des Ablaufs des Lernprozesses auf die Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehrkräften*

Um zu überprüfen, inwiefern mit den jeweiligen Fortbildungsreihen eine Grundlage für die Bewertungskompetenz der Lehrkräfte geschaffen wird, werden vor Fortbildungsbeginn Bewertungskriterien der Lehrkräfte erhoben, mit denen diese bislang naturwissenschaftliche Seminararbeiten von Schüler*innen eingeschätzt haben, bzw. mit denen sie diese einschätzen würden. Nach der Intervention werden dann Bewertungskriterien erhoben, mit denen die Lehrkräfte zukünftig beabsichtigen, naturwissenschaftliche Seminararbeiten von Schüler*innen zu bewerten. Die Pre-Erhebung dient dabei auch dem Zweck der Anpassung der Fortbildung an die Bedürfnisse der Lehrpersonen. Auch die Erhebung des Wissenschaftsverständnisses der Lehrkräfte erfolgt im Pre-Post-Design. Dafür werden u.a. ausgewählte Items des VNOS-C (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002) nach Hofheinz (2008) genutzt.

Ausblick

Die Fortbildung zur Planung und Durchführung wissenschaftspropädeutischer Seminarkurse sowie zur Bewertung der Seminararbeiten von Schüler*innen wird zum Zweck der „Förderung der wissenschaftlichen Forschung und Lehre“ von der Dr. Hans Riegel-Stiftung unterstützt. Die Durchführung der Fortbildungs-Doppelreihen ist ab Herbst 2020 bis Mitte 2021 vorgesehen.

Literatur

Abd-El-Khalick, F., & BouJaoude, S. (1997). An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching. Journal of Research in Science Teaching, 34(7), 673–699.

Bosse, D. (2019). Gymnasiale Oberstufe. In M. Harring, C. Rohlfs, & M. Gläser-Zikuda (Eds.), UTB Schulpädagogik: Vol. 8698. Handbuch Schulpädagogik (pp. 138–148). Münster, New York: Waxmann. Retrieved from http://www.utb-studi-e-book.de/9783838586984

Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. Educational Researcher, 38(3), 181–199. https://doi.org/10.3102/0013189X08331140

Hashweh, M. Z. (2003). Teacher accommodative change. Teaching and Teacher Education, 19(4), 421–434. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(03)00026-X

Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über "Nature of Science": Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht.

Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), Schülervorstellungen und Physikunterricht (271-288). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Höttecke, D., & Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 6(1), 1–14.

Huber, L., & Kurnitzki, S. (2012). Individuelle Schwerpunktsetzung auf der gymnasialen Oberstufe?!: Vorhaben und Wahlmöglichkeiten in den Bundesländern sechs Jahre nach der KMK-Vereinbarung. TriOS: Nr. 1/2012. Münster: LIT-Verlag.

Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (1972).

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), 497–521. https://doi.org/10.1002/tea.10034

Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Eds.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (399-417). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Maier, U. (2017). Lehr-Lernprozesse in der Schule: Studium (2. Auflage). UTB: Vol. 3767. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. Retrieved from http://www.utb-studi-e-book.de/9783838547206

Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Ed.), Handbook of Research on Teaching (1031-1065). Washington, D.C.: American Educational Research Association.

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). Teacher Professional Learning and Development: Best Evidence Synthesis Iteration [BES].

Wilhelm, T., & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), Schülervorstellungen und Physikunterricht (39-62). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Katharina Nave
Rüdiger Tiemann
Humboldt-Universität zu Berlin

Verstehen von chemischen Problemen „SIMBA“ – Studie: Charakterisierung situativer mentaler Modellbildung in der Chemie

Problemstellung

Im Rahmen der Kompetenzorientierung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht ist es ein zentrales Anliegen Schülerinnen und Schülern einen Forschungsprozess im Sinne des hypothetisch-deduktiven Vorgehens zu vermitteln. Es wird gefordert, dass Lernende wissenschaftliches Denken zur Bearbeitung einer Problemstellung nutzen (Koenen & Tiemann, 2018). Werden naturwissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet, sollen im Rahmen des deduktiven Vorgehens begründete Hypothesen von den Schülerinnen und Schülern generiert werden (Wellnitz & Mayer, 2013). Im Unterrichtsfach Chemie sind Problemstellungen allerdings sehr abstrakt, da Schülerinnen und Schüler auf eine ihnen unbekannte Ebene, die submikroskopische Ebene (Johnstone, 1991), wechseln müssen. Lernende haben folglich große Schwierigkeiten, chemische Problemstellungen zu verstehen (Scherer, Meßinger-Koppelt, & Tiemann, 2014). Allerdings bildet das Verstehen einer Problemsituation die Voraussetzung, um naturwissenschaftliche Fragestellungen im Chemieunterricht bearbeiten zu können. Es stellt sich die Frage, welche kognitiven Subprozesse das Verstehen und Charakterisieren (Scherer et al., 2014) eines Problems bestimmen.

Theorie

Anhand eines mentalen Modells können mögliche kognitive Prozesse, die während des Verstehens ablaufen, beschrieben werden (Johnson-Laird, 1983) und erklären letztlich, wie die Informationen zum Verständnis strukturiert werden. Vereinfacht könnte man mentale Modelle somit als *Tools* für *Reasoning* beschreiben (Wang & Barrow, 2010). Bislang ist allerdings unklar, anhand welcher Indikatoren Informationen strukturiert werden, um Probleme mit chemischen Inhaltsbereichen erfolgreich zu verstehen, eine Hypothese generieren und im Verlauf das Problem lösen zu können. Ein Ansatz zur Untersuchung dieser Frage basiert auf einem aus der Theorie abgeleiteten (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000) und in ersten empirischen Studien untersuchten Modellverständnis, welches die Besonderheiten der Naturwissenschaft Chemie berücksichtigt und die individuellen Voraussetzungen in Form interner Ressourcen sowie die Einflüsse der Umgebung als externe Stimuli auf die Situation erfasst (Nave & Tiemann, 2018; Rost & Tiemann, 2017). Dieser **si**tuative **m**entale Modell**b**ildungs**a**nsatz (SIMBA) beschreibt das Problemverstehen anhand von vier „Bausteinen“ (Proposition, Relation, Implikation und Konzeption), die sowohl deskriptive als auch kausale Beziehungen eines naturwissenschaftlichen Phänomens berücksichtigen (siehe Abb. 1).

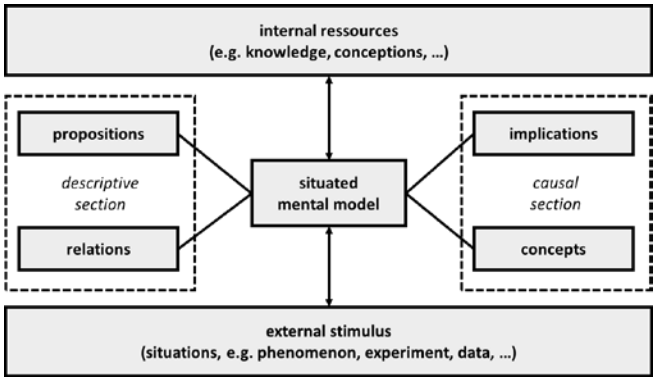


Abbildung 1 Vorschlag zur kognitiven Organisation eines mentalen Modells (Tiemann, 2019, unpublished).

Ziel der Studie

Neben einer validen Operationalisierung des situativen mentalen Modells (Abb. 1) unter Berücksichtigung von domänenspezifischen, externen Stimuli und personenspezifischer Variablen verfolgt das Promotionsvorhaben das Ziel, genauer den Prozess der Hypothesenbildung beschreiben (Teilstudie 1) und durch geeignete Prompting-Maßnahmen unterstützen zu können (Teilstudie 2). Aus diesem Anspruch ergeben sich folgende Forschungsfragen:

F1: Wie können die SIMBA-Kategorien unter Berücksichtigung von verschiedenen chemischen Inhalten und personenspezifischen Variablen operationalisiert werden?

F2: Wie nutzen Schülerinnen und Schüler die SIMBA-Kategorien, um in Form eines deduktiven Vorgehens Hypothesen zu generieren?

F3: Wie beeinflusst das mentale Modell, die Fähigkeit zur Hypothesenbildung?

F4: Wie können Schülerinnen und Schüler durch verschiedene Prompting-Maßnahmen bei der Bildung geeigneter mentaler Modelle unterstützt werden?

Untersuchungsdesign

Die Studie weist einen explorativen Forschungscharakter auf und orientiert sich an einem Mixed Method-Ansatz, mit einer sequenziellen Datenaufnahme. Sie gliedert sich somit in zwei Teilstudien. Um kognitive Prozesse auf einer individuellen Ebene abbilden zu können, wurde für eine Studie 1 ein qualitatives Design gewählt. Mit Hilfe einer Kombination aus der Methode des Lauten Denkens, das Anfertigen von Concept Maps und der Generierung von Hypothesen, sollen die Forschungsfragen eins bis drei beantwortet werden. Vor Beginn der eigentlichen Befragung erhalten alle Schülerinnen und Schüler ein Training zur Erstellung von Concept Maps (Sumfleth, Neuroth, & Leutner, 2010). Für die Studie 1 erfolgt zunächst eine Pilotierung mit einem Leistungskurs der Klassenstufe 11 an einem Berliner Gymnasium N= 8. Im Anschluss erfolgt die eigentliche qualitative Erhebung, für die eine Stichprobe von N= 30 Schülerinnen und Schüler angestrebt wird. Die Erhebung verteilt sich auf drei weitere Berliner Gymnasien. Da sich mentale Modelle durch individuelles Vorwissen unterscheiden, werden in einem Fragebogen Variablen wie chemisches Vorwissen, kognitive Grundfertigkeit, räumliches Denken, die Fähigkeit Hypothesen zu bilden, *Need for Cognition* und die chemiespezifische Motivation als Co-Variablen erhoben. Um den *Cognitive Load*

während der Bearbeitung der Schülerinnen und Schüler zu erfassen, wird auch dieser in Form einer Kurzskala am Ende der Befragung erhoben.
Darüber hinaus ist für die Bildung eines mentalen Modells auch der externe Stimulus entscheidend. Hierfür wurden interaktive Demonstrationsvideos entwickelt, die ein mentales Modell bei den Schülerinnen und Schülern initiieren sollen.
Nach der Konkretisierung der Forschungsergebnisse aus Studie 1 wird in einem quantitativen Ansatz eine finale Operationalisierung anhand einer Fragebogenstudie (Studie 2) erfolgen. Hierfür werden sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehrerinnen und Lehrer nach Sichtung der Demonstrationsvideos befragt, wie wichtig ihnen die erarbeiteten Operatoren für ein Verständnis der Problemsituationen erscheinen. Zur Validierung des Fragebogens erfolgt auch in Studie 2 eine Pilotierung des Testinstruments. Darüber hinaus werden ebenfalls in dieser Studie personenspezifische Co-Variablen erfasst. Anhand dieser Ergebnisse soll die Forschungsfrage vier beantwortet werden.

Entwicklung von interaktiven Demonstrationsvideos
Insgesamt wurden drei Demonstrationsvideos entwickelt, die chemische Phänomene zu den Themengebieten „Säuren und Laugen“, „Kohlenwasserstoffe“ und „Alkohole“ (LISUM, 2016) in einer experimentellen Laborumgebung zeigen und interaktive Zusatzinformationen darbieten. Die curriculare Validität wurde in Form einer Analyse des Rahmenlehrplans und einer Analyse von drei aktuellen Schulbüchern für das Land Berlin/Brandenburg berücksichtigt. Die Demonstrationsvideos wurden nach den Richtlinien der „*Cognitive Theory of Multimedia Learning*“ (Mayer, 2014) und eines detaillierten Konstruktionsmanuals gestaltet. Anhand eines Ratings durch Expertinnen und Experten (Doktorandinnen und Doktoranden der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie N= 5, Studierende im Masterstudium des Lehramts Chemie N= 12 und Referendarinnen und Referendare Chemie N= 12) wurde mithilfe eines selbsterstellten Fragebogens die Qualität und die Umsetzung des Konstruktionsmanuals der Demonstrationsvideos eingeschätzt. Die verschiedenen Populationen wurden gewählt, um möglichst die Inhaltsvalidität zu sichern. Die Videos wurden im Folgenden nach Vorgaben der Expertinnen und Experten optimiert. Weiterhin wird die Inhaltsvalidität der Videos überprüft, indem die Intercoderreliabilität für das theoretische Konstrukt des mentalen Modells bestimmt wird. Die Gestaltung der Videos erfolgt streng kontrolliert, da der externe Stimulus einen großen Einfluss auf die Bildung eines mentalen Modells hat. Damit eine möglichst generelle Aussage zum Erstellen von Prompts zur mentalen Modellbildung möglich ist, wurde bewusst eine Varianz in den Inhalten der Demonstrationsvideos erzeugt. Anhand dieser Vielfalt lässt sich für eine qualitative Studie ein möglichst großer und heterogener Datensatz erzeugen.

Literatur

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models : towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning, 7*, 75-83.

Koenen, J., & Tiemann, R. (2018). *Das Experiment als Methode der Erkenntnisgewinnung – Alleinstellungsmerkmal des Chemieunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneiderverlag Hohengehren.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.). *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

LISUM Landesinstitut für Schule und Medien Berlin - Brandenburg (2016). *Rahmenlehrplan Online, Berlin & Brandenburg: Teil C, Chemie Jahrgangsstufe 7-10*. Retrieved from http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/ [accessed: 09.10.2019]

Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Vol. 2). Cambridge: Cambridge University Press.

Nave, K., & Tiemann, R. (2018). *Mentale Modellbildung - Verstehen und charakterisieren von Problemlöseprozessen in der Chemie.* Paper presented at the Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDCP, Kiel, Germany.

Rost, M., & Tiemann, R. (2017). *Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen.* Paper presented at the Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDCP, Regensburg, Germany.

Scherer, R., Meßinger-Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education, 1*(2), 15.

Sumfleth, E., Neuroth, J., & Leutner, D. (2010). Concept Mapping - eine Lernstrategie muss man lernen. Concept Mapping - Learning Strategy is Something You Must Learn. *Chemkon, 17*(2), 66-70.

Tiemann, R. (2019). Describing the structure of mental models: First insights in a situated mental model building approach. unpublished results.

Wang, C.-Y., & Barrow, L. H. (2010). Characteristics and Levels of Sophistication: An Analysis of Chemistry Students' Ability to Think with Mental Models. *Research in Science Education, 41*(4), 561-586.

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie - Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19*, 315-345.

Mareike Freese
Jan Winkelmann
Goethe-Universität Frankfurt

Diagnose schwierigkeitserzeugender Merkmale anhand physikalischer Problemstellungen

Schülerinnen und Schüler beklagen häufig, dass der Physikunterricht zu den schwierigsten Fächern gehöre. Der hohe Schwierigkeitsgrad wird gemeinhin als einer der Hauptgründe angenommen, weshalb der Physikunterricht nur wenige Lernende begeistert und häufig abgewählt wird. Die Schwierigkeiten der Lernenden beim Lösen von Physikaufgaben entstehen durch verschiedene vermutete Merkmale, welche zwar einzeln empirisch belegt sind, deren Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler jedoch noch nicht hinreichend erforscht sind. Basierend auf vier Hauptbereichen von Merzyn (2008) wurden im Rahmen einer zweistufigen qualitativen Fallstudie die Probleme beim Lösen von Physikaufgaben mit erhöhter Schwierigkeit in den Bereichen Fachsprache, Mathematik, Modellbildung sowie einem fehlenden Alltagsbezug untersucht. Obwohl diese Hauptbereiche sich häufig überlappen und nur schwierig abgrenzbar sind, sollte jeder von ihnen möglichst deutlich die jeweilige Aufgabe dominieren. Die Studie bestand aus einer Arbeitsphase mit lautem Denken und einer Reflexionsphase mithilfe eines leitfadenbasierten Interviews. Die Ergebnisse der Studie sollen dazu dienen, einen besseren Einblick zu erhalten, wie Schülerinnen und Schüler verschiedene schwierigkeitserzeugende Merkmale bei physikalischen Problemen subjektiv wahrnehmen und möglicherweise gezielt nach Hilfe fragen können.

Theoretischer Hintergrund

Da so viele Lernende Physik als eines der unbeliebtesten Schulfächer einstufen (Fruböse, 2010; Caglar-Öztürk, 2015), stellt sich die Frage nach dem Hauptgrund für diese Unbeliebtheit. Auch internationale Studien (Williams et al., 2003; Angell et al., 2004; Ornek et al., 2008; Bennet & Hogarth, 2009) belegen seit Jahren die Unbeliebtheit des Schulfaches Physik. Nicht zuletzt zeigen die Ergebnisse vergangener PISA-Studien für Deutschland nach dem sogenannten „PISA-Schock“ infolge der ersten Erhebung 2003 noch immer verbesserungswürdige Daten in den Naturwissenschaften (OECD, 2016). Besonders der häufig wahrgenommene Schwierigkeitsgrad von Physik an sich wird seit langem betont (Ford, 1989). Als mögliche Begründung für die empfundene Schwierigkeit des Unterrichtsfaches Physik sieht Merzyn (2008) die Geschichte dieser Naturwissenschaft. Die Probleme historischer Physiker, Formulierungen zu finden und Begriffe abzugrenzen, hätten zu einer hohen Abstraktheit und damit Schwierigkeit geführt. Die von Schülerinnen und Schülern als erhöht eingeschätzte Schwierigkeit im Schulfach Physik, verglichen mit anderen Fächern, erzeuge zwei negative Folgen. Zum einen verringerten sich die Lernerfolge, da durch das hohe Niveau häufig nur auswendig gelernt werde und der Sinn des Lernens verloren gehe (Merzyn, 2010). Zudem sinke durch einen höheren Schwierigkeitsgrad (und den damit verbundenen, ausbleibenden Lernerfolgen) das generelle Interesse der Lernenden am Fach Physik.

In der Theorie werden mehrere Faktoren angenommen, welche Physik schwierig machen. Diese wurden in einer vorangegangenen Arbeit untersucht (Fareed & Winkelmann, 2019). Die vier meistgenannten schwierigkeitserzeugenden Merkmale sind ein fehlender Alltagsbezug, persönliche notwendige Anstrengungen, der Gebrauch von Fachbegriffen sowie das Modellieren und Idealisieren physikalischer Probleme. Diese Merkmale entsprechen weitgehend den vier eingangs genannten Hauptbereichen nach Merzyn (2008). Um die wahrgenommene Schwierigkeit von Physik durch Schülerinnen und Schüler zu erfahren, sollten in der vorliegenden Studie Aufgaben zu diesen vier Merkmalen gelöst werden. Hierbei

werden die Begriffe Problem und Aufgabe, in Anlehnung an Brandenburger (2016), synonym gebraucht.
Die Problemlösekompetenz gilt als wesentliche Handlungsanforderung in allen Lebensbereichen: in einfachen Alltagssituationen, (natur-)wissenschaftlichen Kontexten oder komplexeren, gesellschaftlich relevanten, politischen oder wirtschaftlichen Problemen (Reif, 2008; Brandenburger, 2016). Nach Smith (1991) kann jede Situation, die Analyse und Lösungen erfordert, als Problem definiert werden. Besonders im akademischen Kontext steht Problemlösen derzeit im öffentlichen Fokus, denn nach den Ergebnissen von Leistungstests wie PISA wurde allgemein von Experten befürchtet, dass Schülerinnen und Schüler nicht lernen, im Alltag reale Probleme lösen zu können (Kühn, 2011). Heute wird Problemlösen als Schlüsselkompetenz angesehen und ist in den nationalen Bildungsstandards und Curricula verankert. In der vorliegenden Untersuchung nutzen Schülerinnen und Schüler ihre Problemlösekompetenz, um erfolgreich mit vorgelegten physikalischen Problemen umzugehen. Das Problemlösen selbst ist jedoch nicht Untersuchungsgegenstand der Studie, sondern dient als Mittel zur qualitativen Analyse der wahrgenommenen Schwierigkeit.

Studiendesign

Zielsetzung und Forschungsfragen

Mithilfe der Studie sollten die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Werden die in der Literatur vermuteten, schwierigkeitserzeugenden Merkmale auch von Schülerinnen und Schülern artikuliert, während sie physikalische Probleme lösen?
- Können Schülerinnen und Schüler die erkannten Merkmale dazu nutzen, diese Schwierigkeiten beim Lösen zu überwinden, indem sie zielgerichtet nach Unterstützung fragen?

Stichprobe und Messinstrumente

Im Rahmen einer qualitativen Fallstudie wurden zwei Arten der Testung durchgeführt. In der Vorstudie wurden erfahrene Lehrkräfte (n = 25) als Expertinnen und Experten gebeten, anhand einer sechsstufigen Skala die erstellten Aufgaben hinsichtlich der Ausprägung des jeweiligen Merkmals zu bewerten. Ihre Expertise sollte einerseits einer Überprüfung der Validität der Materialien dienen, andererseits durch fachliche Anmerkungen auch die Möglichkeit bieten, diese vor der Durchführung mit den Schülerinnen und Schülern in der Hauptstudie noch zu optimieren. Zudem sollte die Inter-Rater-Reliabilität untersucht werden. Alle Problemstellungen behandelten das Thema des freien Falls (Mechanik, Kinematik), welches in der gymnasialen E-Phase Teil des Lehrplans ist.
In der Hauptstudie erhielten Schülerinnen und Schüler der gymnasialen E-Phase (n = 9) in Einzelsitzungen jeweils die vier verschiedenen Arbeitsblätter, um diese in einer Zeitspanne von ca. 20-30 Minuten zu lösen. Während des Lösungsprozesses wurden sie gebeten, laut zu denken und damit auch ihre Methoden zu artikulieren. Da jedes der Arbeitsblätter ein genanntes Merkmal (Fachsprache, fehlender Alltagsbezug, Mathematik, Modellieren) enthielt, welches das Problem schwierig machen sollte, lag der Fokus auf den individuellen Hürden, an welchen die Schülerinnen und Schüler bei der Lösung scheitern würden. Das laute Denken wurde mithilfe eines Diktiergeräts aufgezeichnet, um die entstandenen Sprachaufnahmen später transkribieren und qualitativ auswerten zu können. In der Arbeitsphase war kein Eingreifen seitens des Versuchsleiters vorgesehen, lediglich für motivierende Aufforderungen zum lauten Denken sollte interveniert werden.
Die Reflexionsphase der Hauptstudie schloss nahtlos an die Arbeitsphase an. Jede Schülerin und jeder Schüler erhielt nach Abschluss der Bearbeitung die Möglichkeit, im Rahmen eines leitfadenbasierten Interviews die Schwierigkeiten zu besprechen. Zu Beginn der Reflexion wurden die Lernenden gebeten, die vier Arbeitsblätter anhand ihrer persönlich empfundenen Schwierigkeit einzustufen. Daraufhin wurde jedes einzelne Arbeitsblatt hinsichtlich der jeweiligen intendierten Schwierigkeit thematisiert und nachgefragt, was genau den

Lösungsvorgang erschwert oder behindert hat. Am Ende wurden die letzte Halbjahreszeugnisnote im Fach Physik und die Zufriedenheit mit dieser Note abgefragt. Auch die Reflexionsphase wurde für die spätere Transkription auf Tonband aufgenommen. Die Auswertung orientierte sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015), dabei wurde auf Schlüsselwörter geachtet, welche auf ein vermutetes schwierigkeitserzeugendes Merkmal hindeuteten.

Ergebnisse

In der Vorstudie ging es unter anderem darum, die Validität der Materialien zu überprüfen. Da von den Experten-Fragebögen lediglich zwei Exemplare zurückkamen, können leider keine hinreichenden Schlüsse gezogen werden. Zwischen den beiden abgegebenen Fragebögen ist zudem eine große Inter-Rater-Diskrepanz abzulesen, weshalb die Ergebnisse der Vorstudie für die Gesamtauswertung nicht berücksichtigt wurden.

Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler im lauten Denken und in den Reflexionsinterviews lassen vermuten, dass es ihnen schwerfällt, konkrete Schwierigkeiten zu artikulieren und zielgerichtet um Hilfe zu bitten. Bezüglich der vier untersuchten schwierigkeitserzeugenden Merkmale rücken das Modellieren und Idealisieren in den Fokus. Die Schülerinnen und Schüler waren sich einig, dass Aufgaben hierzu im Unterricht selten zum Einsatz kommen. Da in solchen Aufgaben zunächst auf Berechnungen verzichtet wird, werden diese Arbeitsblätter von den Schülerinnen und Schülern als motivierend empfunden. Dabei neigen sie jedoch dazu, die falschen Größen zu idealisieren, um an ihre Modellierung heranzugehen. So dachten einige Schülerinnen und Schüler beispielsweise bei der Modellierung eines geeigneten Fallschirms darüber nach, wie der Landeuntergrund beschaffen sein müsste.

Bevor es überhaupt zur Verwendung schwieriger Mathematik in einer solchen Aufgabe kommt (hier: Nutzung der p-q-Formel), muss der Sinn der Aufgabe durch Modellieren erfasst werden. Bereits hieran scheiterten die meisten Schülerinnen und Schüler, was sich mit früheren Studien deckt (Angell et al., 2004). Die Fachsprache in physikalischen Problemstellungen wurde als Vor- und Nachteil empfunden. Einerseits wirkten die neuen Fachbegriffe zunächst schwierig und unübersichtlich, bei näherer Betrachtung halfen sie jedoch bei der Formelfindung. Das im Reflexionsinterview angebotene Alternativarbeitsblatt, bei dem sämtliche Fachbegriffe alltagssprachlich umschrieben waren, wurde dagegen als kindlich empfunden. Ein stärkerer Alltagsbezug wurde bei allen verwendeten Aufgaben gewünscht.

Fazit und Ausblick

Es erscheint lohnenswert, stärkeren Fokus auf das Modellieren zu legen. Zum einen äußern Schülerinnen und Schüler bei solchen Aufgabentypen größeres Interesse, zum anderen zeigen sich gerade hier große Schwierigkeiten für die Lernenden.

Nahezu alle Schülerinnen und Schüler beklagten, sie könnten die Aufgaben nicht lösen, weil ihnen die dazu erforderlichen Formeln fehlten. Hierfür wird der lange Zeitraum zwischen Lern- und Bearbeitungszeitpunkt des Themas als Grund angenommen, denn der freie Fall wurde im ersten Halbjahr behandelt und lag damit zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie schon einige Wochen zurück. Entgegen der Literatur wird das Merkmal Fachsprache häufig nicht als erschwerend, sondern als hilfreich angesehen, um benötigte Formeln herzuleiten. In weiterführenden Studien sollten die Materialien eindeutiger gestaltet und alle benötigten Formeln vorgegeben werden, um stärker auf die Merkmale zu fokussieren.

Hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage sollten Lernende im Physikunterricht für schwierigkeitserzeugende Merkmale gezielt sensibilisiert werden, um die Suche nach Unterstützung zu erleichtern. Eine Möglichkeit hierzu scheint die Reflexion über individuelle Hürden beim Lösen von Aufgaben zu sein.

Literatur

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. *Wiley Periodicals Sci Ed, 88*, 683-706.

Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden*. Berlin: Logos.

Bennett, J. & Hogarth, S. (2009). Would YOU Want to Talk to a Scientist at a Party? High School Students' Attitudes to School Science and to Science. *Science Education, 31,* 1975-1998.

Caglar-Öztürk, Y. (2015). Interessenforschung – Werden Naturwissenschaften und Mathematik immer unbeliebter? *Delta Phi B*, 1–9.

Fareed, B. & Winkelmann, J. (2019). Schülerwahrnehmung von Schwierigkeit des Physikunterrichts und der kognitiven Aktivierung durch die Lehrkraft. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Aachen 2019*. Beitrag DD. 02.11.

Ford, K. W. (1989). Is physics difficult? *American Journal of Physics, 57*, 871–872.

Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmerkungen aus der Praxis. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 63*(7), 388–392.

Kühn, S. M. (2011). Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe und im Abitur. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17*, 35-55.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken.* 12., überarb. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.

Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 5–96.

Merzyn, G. (2010). Physik – ein schwieriges Fach? *Praxis der Naturwissenschaften Physik 59*(5), 9–12.

OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I). Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.

Ornek, F., Robinson, W. R., & Haugan, M. P. (2008). What makes physics difficult? *International Journal of Environmental & Science Education, 3*, 30-34.

Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific or other domains*. MIT, Cambridge MA.

Smith, M. U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale NJ.

Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., & Boyes, E. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38, 324-329.

Philip Timmerman Ruhr-Universität Bochum
Heiko Krabbe

SchriFT II: DESCRIBING, EXPLAINING AND JUSTIFYING: HOW TO SUPPORT WRITING LAB REPORTS IN PHYSICS CLASSES

Theoretical Background of the Design and Enactment

Language is an important part of scientific literacy (Wellington & Osborn, 2001; Yore, Bisanz & Hand, 2003). Educational policies worldwide demand to convey communication competencies within science classrooms (e.g. Achieve, 2013; KMK, 2004). International studies showed that writing in science classes can enhance students‘ content knowledge (Keys, 1994; Storch, 2005) and that supporting writing activities yields positive effects on students‘ conceptual understanding (Gleason, 1999). In contrast, only benefits for the language skills but not for content learning have been proved in German speaking countries, yet. This might be due to the fact that international writing to learn approaches like the Science Writing Heuristic (Akkus, Gunel & Hand, 2007) focus on discourse and text structure, whereas in German speaking countries the focus is on linguistic means of expression. Therefore, this study compares in German physics classes of grade 8 the effect on content learning and writing abilities of an intervention fostering necessary means of expression for specific discourse functions with an intervention that emphasizes their functional scheme. For instance, the first intervention promotes the use of if-then-clause for observations, whereas the second intervention explains that a relation between independent and depend variables must be drawn for observations.

Research questions and hypothesis:

1. To what extent can language development aimed at text types and text procedures improve technical understanding in physics lessons?
2. Which differences in learning outcomes occur between the promotion of functional schemas and the promotion of linguistic means of expression for specific discourse functions?

Our hypothesis: The subject-specific functional schemas are of central importance for the technical understanding and promote a deeper technical understanding compared to the promotion of linguistic means of expression.

Design

Both interventions turn the intention on the discourse functions DESCRIBING, EXPLAINING and JUSTIFYING which are integral parts of lab reports (Krabbe, 2015).
In functional pragmatics DESCRIBING is explained as the precise, factual representation of the external form of a fact or object with the aim of establishing a common perception between speaker and listener (Stutterheim & Kohlmann, 2001; Redder, 2012). In contrast, Feilke (2005) emphasizes that DESCRIBING is not limited to the visible spatial area, but can also refer to processes and states. The facts of the case are constituted by the speaker with reference to already established knowledge through comparisons and distinctions by highlighting and marking relevant features. Typical means of expressions are temporal, local, final and conditional phrases in the method and observation parts of lab reports.
Osborne and Patterson (2011) offer a distinction of JUSTIFYING and EXPLAINING for the natural sciences (see tab. 1). EXPLAINING is based on the deductive-nomological model of Hempel und Oppenheim (1948) whereas JUSTIFYING is seen as part of Toulmin’s argumentation model (1958).

Table 1: Differentiation of EXPLANTION and JUSTIFICATION according to Osborne & Patterson (2011), supplemented by conclusions from physics didactics (Krabbe, Timmerman, Boubakri (2019)).

Linguistic action	**Differentiation** (Osborne & Peterson, 2011)	**From the perspective of physics didactics** (Krabbe et al., 2019)
JUSTIFYING	• begins with an assertion, which in principle is provisional and has to be motivated • justifies the validity of a declaration or acceptance; has a conviction intention • uses accepted data and established evidence as justification • the justification is more secure than the reasoned submission	A law, a rule or a causal relationship is generally asserted and made plausible with arguments (e.g. empirical data). Iron conducts electricity because the lamp shines.
EXPLAINING	• begins with the statement to be explained, which is not in doubt • makes a phenomenon understandable through scientific facts and theory • uses relations, laws and theories as causal explanation • the declaration is less secure than what is declared	A phenomenon exists and is explained by the application of known laws, rules or contexts. The lamp shines because iron conducts electricity.

Following this distinction, two kinds of conclusion in lab reports must be distinguished. In explorative (inductive) experiments new laws and generalizations are justified, that is a conceptional statement is supported by observations. In confirmative (deductive) experiments observed phenomena are explained by theoretical considerations. In both kinds of conclusion causal relationships are expressed, but in a contrary scheme (see tab. 1). In order to differentiate discourse functions in the interventions in more detail we added specific prepositions to the functional operations (see following tab. 2).

Table 2: Text procedures and their function in the lab report (Krabbe et al., 2019).

text procedures		**Function in lab report**
DESCRIBE-WHEREBY	*the experiment is carried out*	Experimental setup (materials)
DESCRIBE HOW	*the experiment is conducted*	Experimental execution (instructions)
EXPLAIN-WHAT-FOR	*the lamps serves*	Experimental setup and execution
DESCRIBE-WHAT-HAPPENS-WHEN		Observations
EXPLAIN WHAT	*a ladder is*	Definitions
EXPLAIN-WHY	*the lamp shines*	Causal explanation (deductive)
JUSTIFY-WHETHER	*all metals conduct electricity*	Generalization (inductive) from data
JUSTIFY-WHICH	*explanation is better*	Decision justification

According to Schmölzer-Eibinger et al. (2017) the ability to describe, explain or give justify is not available to all pupils from the outset and should therefore be specifically developed in (subject) lessons. It has been shown, that the integration of language and content learning is best achieved if the texts prepared by the pupils are supplemented by assignments for content recapitulation (e.g. describe the emergence of ...). For this reason, the teaching series in both interventions are structured according to the Genre Cycle (Rose & Martin, 2012) or Teaching and Learning Cycle (TLC) (Hyland, 2007), respectively (see fig. 1). This consists of five stages. First, students' knowledge of the topic and field (1) and the focus genre (2) is built. Then, pieces of the intended genre are written

Figure 1. TLC.

in teacher-guided collaborative tasks (3) and later independently by each student (4). Finally, the learned genre and writing abilities are related to other texts (5).

Methods

Research design

To answer our research questions, an intervention in pre-post design (see tab. 3) was carried out in the second half of the school year 2018/19 (February to June 2019) within regular physics lessons of ten classes (approx. N=300 pupils) in grade 8 at four comprehensive schools (federal state NRW).

Table 3: Overview of the research design and timeline of the study.

Pre-test (January to February 2019)	**Intervention** (February to June 2019)	**Post-test** (June to July 2019)	**Follow-up-test** (September to October 2019)
• Writing task *(lab report, with video impulse)* in physics + subject knowledge test • Writing task *(construction manual, with video impulse)* in German/Turkish + reading-test (SLS) + writing-test (C-test) • IQ-test (CFT) • control variables	**Intervention A: "linguistic means"** 3 blocks á 270 min (=3*90 minutes), each block corresponds to one TLC run **Intervention B: "Action schematics"** 3 blocks á 270 min (=3*90 minutes), each block corresponds to one TLC run	• Writing task *(lab report, with video impulse)* in physics + subject knowledge test • Writing task *(construction manual, with video impulse)* in German/Turkish • Student feedback questionnaire about intervention • Teacher interviews	• Only writing task *(lab report, with video impulse)* in physics • Only writing task *(construction manual, with video impulse)* in German

Intervention & Sample (Students, Teachers)

For each discourse function (DESCRIBING, EXPLAINING, JUSTIFYING) a block of 270 minutes teaching time is implemented following the TLC with the lab report as genre. The content of the three blocks are electric charges (describing), electric current (explaning) and electric voltage (justifying). The intervention is carried out in two comparative versions, each in half of the sample. One version promotes "linguistic means of expression" (surface), the other version functional schemas (depth structure). The lessons are given by the regular physics teachers which received trainings for each cycle

Test instruments in pre-, post- and follow-up tests

The students' performance in writing lab reports (physics) and construction manuals (German) is tested a total of three times. The evaluation is carried out according to interdisciplinary standardized category systems. In the pre-test and post-test, the same subject knowledge test on electricity and magnetism is taken in physics, and a language ability and reading test in German. An IQ test and a questionnaire on interest and motivation in physics lessons and on the socio-economic backgrounds of the students are used only in the pre-test.

Outlook

Currently (08/2019), the follow up test and the transcription of the students' solutions are carried out. All three measurement times are concurrently coded afterwards. Detailed results are expected towards the end of 2019.

Literature

Feilke, H. (2005). *Beschreiben, erklären, argumentieren – Überlegungen zu einem pragmatischen Kontinuum.* [Describe, explain, argue – reflect on a pragmatic continuum]. In P. Klotz & C. Lubkoll (Hrsg.). Beschreibend wahrnehmen – wahrnehmend beschreiben. [Descriptive perception – perceptive describtion]. Freiburg i. Br., Germany: Rombach, 45–60.

Feilke, H. (2014). Argumente für eine Didaktik der Textprozeduren. [Arguments for a didactic of text procedures]. In T. Bachmann & H. Feilke (Hrsg.), *Werkzeuge des Schreibens. Beiträge zu einer Didaktik der Textprozeduren.* [Tools of writing. Contributions to a didactic of the text procedures]. Stuttgart, Germany: Fillibach bei Klett.

Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science, 15*(2), 135–175.

Krabbe H., Timmerman, P. & Boubakri, C. (2019). SchriFT II: BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht. [SchriFT II: DESCRIBE, EXPLAIN and JUSTIFY in physics lessons]. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018.* [Science education as a basis for professional and social participation. Society for Didactics of Chemistry and Physics, Annual Meeting in Kiel 2018]. Universität Regensburg, Germany.

Krabbe, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte im Physikunterricht. [The lab report as a type-typical text type in physics lessons]. In S. Schmölzer-Eibinger & E. Thürmann (Eds.), *Schreiben als Lernen. Kompetenzentwicklung durch Schreiben.* [Writing as learning. Competence development through writing]. Münster, Germany: Waxmann.

Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education, 95*(4), 627–638.

Redder, A. (2012): Wissen, Erklären und Verstehen im Sachunterricht. [Knowledge, explanation and understanding in the subject teaching]. In H. Roll, & A. Schilling (Eds.), *Mehrsprachiges Handeln im Fokus von Linguistik und Didaktik: Wilhelm Grießhaber zum 65. Geburtstag.* [Multilingual action in the focus of linguistics and didactics: Wilhelm Grießhaber on the occasion of his 65th birthday]. Duisburg: Univ.-Verl. Rhein-Ruhr, 117–134.

Rose, D., & Martin, J. R. (2012). *Learning to write, reading to learn: Genre, knowledge and pedagogy in the Sydney school.* Sheffield, Australia: Equinox.

Schmölzer-Eibinger, E., Dorner, M., Langer, E., & Helten-Pacher, M.-R. (2017). *Sprachförderung im Fachunterricht in sprachlich heterogenen Klassen.* [Language support in subject teaching in linguistically heterogeneous classes.]. Stuttgart, Germany: Fillibach bei Klett.

Stutterheim, C. v., & Kohlmann, U. (2001). Beschreiben im Gespräch. [Describe in conversation]. In K. Brinker, G. Antos, W. Heinemann, & S. F. Sager (Eds.), *Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung.* [Text and conversation linguistics. An International Handbook of Contemporary Research]. Berlin, Germany: de Gruyter (Halbbd. 2), 1279–1292.

Charlotte Schneider
Susanne Metzger
Pädagogische Hochschule FHNW

Zwei(t)sprachiges Lernen im bilingualen Chemieunterricht: Entwicklung von Testinstrumenten zur Erfassung des Konzeptverständnisses

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Der fremdsprachige Sachfachunterricht (Content and Language Integrated Learning CLIL) erfreut sich seit seiner Einführung in den 1960er Jahren stetig wachsender Beliebtheit und mittlerweile sind in der Schweiz für 70 % der Gymnasien bilinguale Lehrangebote registriert (EDK, 2013). Das Ziel dieser Unterrichtsform ist das parallele Lernen der Fachinhalte und der gewählten Fremdsprache.

Während die Wirksamkeit von CLIL-Programmen in Bezug auf das Sprachenlernen relativ gut beforscht ist und positive Effekte robust gezeigt werden konnten (Lo & Lo, 2014; Nold, Hartig, Hinz, & Rossa, 2008), beschäftigten sich deutlich weniger Studien mit dem Lernen im Sachfach und kamen zu heterogenen Befunden (z.B. Jäppinen, 2005; Piesche, Jonkmann, Fiege, & Kessler, 2016). In diesen Studien zeigt sich unter anderem, dass das selbstevidente Merkmal beim Lernen in einer Zweitsprache, nämlich, dass Lernende *zwei* Sprachen zum Lernen zur Verfügung haben und nicht nur eine, nicht beachtet wurde. Dies hatte Kern (1994) schon für Verstehensprozesse beim Lesen in der L2 beobachtet:

> *«It [research] has not fully addressed one of the fundamental, self-evident differences between L1 and L2 comprehension: that the L2 reader has two languages at his or her disposal rather than just one. »*[1]

Studien zur Integration der Erstsprache in den fachlichen Lernprozess stellen eine absolute Ausnahme dar (Diehr, 2012). Die Verwendung der Erstsprache in Verbindung mit der Lernwirksamkeit wurde im deutschsprachigen Raum bis jetzt erst einmal, für das Fach Geschichte im Rahmen einer Dissertation, betrachtet (Dallinger, 2015). Da Lehrpersonen aber Unsicherheit genau in diesem Bereich auch für die Naturwissenschaften äußerten (eigene Erhebung, 2018), soll in diesem Projekt näher untersucht werden, welchen Einfluss die Verwendung der Erstsprache (Deutsch, L1) für das Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht auf Englisch (L2) hat.

Das sprachtheoretische Modell, das dem Projekt zugrunde liegt, ist das in Abbildung 1 dargestellte modifizierte hierarchische Modell des *bilingual mind* (nach Pavlenko, 2009).

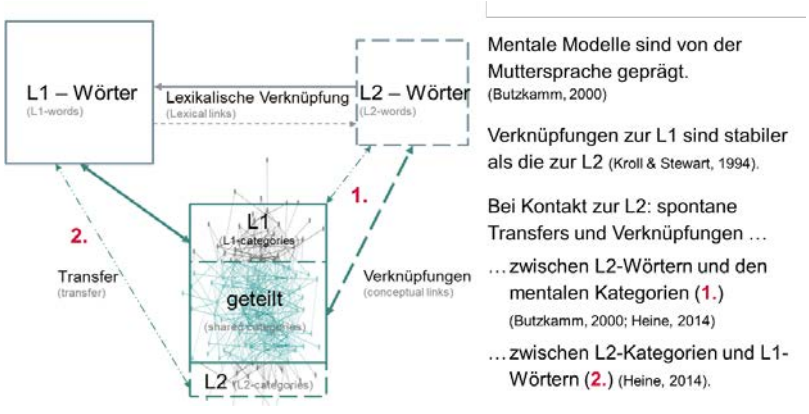


***Abb. 1**: Modifiziertes hierarchisches Modell des* bilingual mind *(übersetzt nach Pavlenko 2009)*

[1] hier L2 = Französisch, L1 = Englisch

Die bestehenden Modelle zum bilingualen Lexikon gehen von der Annahme aus, dass in ihm lexikalischen Repräsentationen (*Wörter* in Abb. 1) an mentale Repräsentationen (*Kategorien* in Abb. 1) geknüpft sind und dass beim Erlernen einer zweiten Sprache die Wörter an bestehende mentale Kategorien geknüpft werden (Kroll & Stewart, 1994). Pavlenko (2009) hat diese Annahme erweitert und aus Theorie und Empirie das modifizierte hierarchische Modell (Abb. 1) abgeleitet. Sie geht davon aus, dass beim Kontakt mit einer anderen Sprache, diese nicht nur auf bestehende Konzepte abgebildet wird, sondern dass das mentale Modell einem *conceptual restructuring*, einer konzeptuellen Restrukturierung, unterzogen wird. Dabei werden die bestehenden Konzepte (*Wörter* + *Kategorien*) um zielsprachliche Bedeutungsdetails erweitert und verfeinert. Aus diesen theoretischen Überlegungen wird die dem Projekt zugrundeliegenden Annahme abgeleitet: Durch eine gezielte Anregung zur Verwendung der deutschen Sprache (L1) während des Lernprozesses können konzeptuelle Verknüpfungen zwischen den beiden Wörter-Ebenen und zu den Kategorien gefördert und verstärkt werden. Daraus resultieren eine Vergrößerung des gemeinsamen Raumes der mentalen Kategorien und stärkere Verknüpfungen (Kroll & Stewart, 1994). Dies schlägt sich in größerem Lernfortschritt bezüglich konzeptuellen Wissens nieder.

Fragestellung und Design

Vor diesem Hintergrund soll im Projekte die Frage beantwortet werden, inwiefern das Konzeptverständnis beim englischsprachigen (L2) Chemielernen mithilfe der Verwendung der Erstsprache Deutsch (L1) gefördert werden kann. Dabei ist auch von Interesse, inwiefern die Testleistung von der Testsprache abhängig ist.

	L2*only*	L2+L1	L1
Test L2	EG 1	EG 2	
Test L1	EG 3	EG 4	KG

Diese Fragen werden in einer Interventionsstudie mit vier Experimentalgruppen (EG) und einer Kontrollgruppe (KG) überprüft. Die Stichprobe stellen Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe dar (angestrebt N = 250), die in bilingualem Chemieunterricht geübt sind. In einem Prä-Post-Design lernen die Schülerinnen und Schüler über drei Zeitstunden zum Thema *Radioaktivität und Strahlung* in den verschiedenen Versuchsbedingungen (EG: Lernsprache L2*only* vs. Lernsprache L2 + L1; KG: L1). Im Anschluss findet ein einstündiger Test unter den verschiedenen Testbedingungen statt (Testsprache L2 vs. Testsprache L1).

Methode zur Entwicklung der Testinstrumente

Zur Erfassung des Konzeptverständnisses wurden zwei Testformate gewählt, die explizit Konzept- und nicht nur Faktenwissen erfassen können. Zum einen wurde hierfür der Triadentest nach Neuroth (2002) ausgewählt, zum anderen Two-Tier-Multiple-Choice Aufgaben nach Peterson, Treagust und Garnett (1986). Die Testentwicklungsschritte sind in Abbildung 2 dargestellt: Nachdem der Lerngegenstand *Radioaktivität und Strahlung* nach Analyse des Lehrplans und Gesprächen mit Lehrpersonen festgelegt worden war, wurden zunächst in einem Expertendiskursverfahren zwingend nötige Fachaussagen (Propositionen, vgl. Treagust, 1988) zum Thema festgelegt. Hierbei handelt es sich noch nicht um Kausalzusammenhänge im Bereich Radioaktivität und Strahlung, sondern schlicht um Faktenaussagen, die das Thema möglichst umfassend und auf dem angestrebten Schulniveau beschreiben. Es ergaben sich nach mehreren Korrekturrunden mit Naturwissenschaftlerinnen und Fachlehrpersonen 42 Propositionen. Parallel zu dieser Form der Sachanalyse wurden die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf Radioaktivität und Strahlung zusammengetragen (z.B. Eijkelhof, Klaassen, Lijnse, & Scholte, 1990; Prather, 2005) und geordnet. Im weiteren Verlauf wurden die Propositionen und die alternativen Vorstellungen abgeglichen und dienen als Grundlage für die Entwicklung des Materials und der Instrumente.

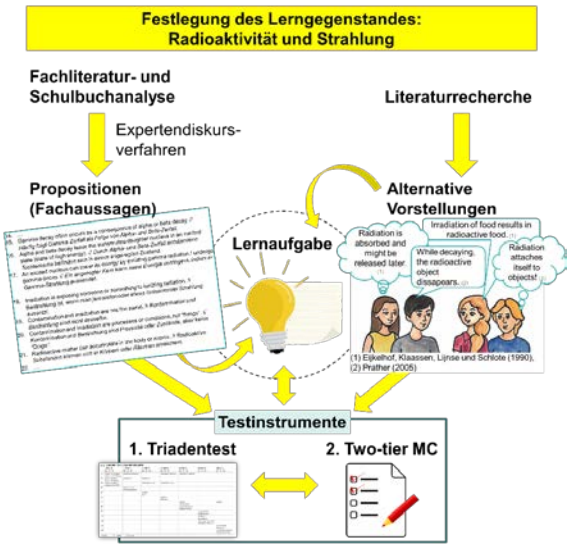


Abb. 2: *Vorgehen zur Entwicklung der Testinstrumente*

Testinstrumente

Two-Tier-Multiple-Choice Aufgaben

Dieser Aufgabentyp verlangt von Schülerinnen und Schülern nicht nur die Auswahl der korrekten Faktenantwort, sondern auch eine Begründung für diese Antwort. In den Begründungen werden korrekte Erklärungen und die gängigen alternativen Vorstellungen aufgeführt. (Beispiel in Abb. 3).

Beispiel — Item solution: 1c

Item

A sample of a radioactive material has a mass of 1g.
How much does the sample weigh after half of the radioactive nuclei underwent decay?

1) roughly the same
2) roughly 0,5g

Because:

a) the parent nucleus, which has decayed, disappears form the sample
b) the transmuted daughter nuclei leave the sample
c) the transmuted daughter nuclei stay part of the sample
d) some daughter nuclei can be radioactive, too, and decay further

Abb. 3: *Beispiel Two-Tier-MC-Aufgabe*

Triadentest

Beim Triadentest (Neuroth, 2002) erhalten die Schülerinnen und Schüler drei Begriffe (eine Triade), die sie schriftlich in einen Zusammenhang bringen müssen. Die Begriffe zwischen einzelnen Triaden überschneiden sich zum Teil, so dass die Schülerinnen und Schüler gezwungen sind, einen Begriff in verschiedene Kontexte einzuordnen. Die Verknüpfungsgrade der Begriffe und wie elaboriert fachliche Zusammenhänge dargestellt werden, lassen Rückschlüsse auf das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler zu. So kann vernetztes Wissen angefragt werden.

Beispiel für eine Triade: Radioaktiver Zerfall – radioaktive Strahlung – Stabilität
Mögliche Antwort: «Wenn ein Atomkern keine Stabilität aufweist, findet radioaktiver Zerfall statt. Bei diesem radioaktiven Zerfall wird radioaktive Strahlung ausgesandt. Das Aussenden radioaktiver Strahlung kann zur Erhöhung der Stabilität des Atomkerns führen.»

Ausblick

Aktuell werden die Testinstrumente vorpilotiert und angepasst. Im Anschluss findet eine Pilotierung der Instrumente zusammen mit den Lernmaterialien statt, bevor die Hauptstudie umgesetzt wird.

Literatur

Butzkamm, W. (2000). *Über die planvolle Mitbenutzung der Muttersprache im bilingualen Sachfachunterricht.* Paper presented at the Kolloquium Fremdsprachenunterricht: Bilingualer Unterricht, Frankfurt aM.

Dallinger, S. (2015). *Die Wirksamkeit bilingualen Sachfachunterrichts: Selektionseffekte, Leistungsentwicklung und die Rolle der Sprachen im deutsch-englischen Geschichtsunterricht.*

Diehr, B. (2012). What`s in a name? Terminologische, typologische und programmatische Überlegung zum Verständnis der Sprache im Bilingualen Unterricht. In B. Diehr & L. Schmelter (Eds.), *Bilingualen Unterricht weiterdenken: Programme, Positionen, Perspektiven* (pp. 17 - 36): Peter Lang, Internationaler Verlag der Wissenschaften.

EDK. (2013). *Sprachenstrategie Sekundarstufe II*. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren.

Eijkelhof, H., Klaassen, C., Lijnse, P., & Scholte, R. (1990). Perceived incidence and importance of lay-ideas on ionizing radiation: Results of a Delphi-study among radiation-experts. *Science education*.

Heine, L. (2014). Models of the bilingual lexicon and their theoretical implications for CLIL. *The Language Learning Journal, 42*(2), 225-237. doi:10.1080/09571736.2014.889973

Jäppinen, A.-K. (2005). Thinking and content learning of mathematics and science as cognitional development in content and language integrated learning (CLIL): Teaching through a foreign language in Finland. *Language and Education, 19*(2), 147-168.

Kern, R. G. (1994). The role of mental translation in second language reading. *Studies in Second Language Acquisition, 16*(4), 441-461.

Kroll, J. F., & Stewart, E. (1994). Category Interference in Translation and Picture Naming: Evidence for Asymmetric Connections Between Bilingual Memory Representations. *Journal of Memory and Language, 33*(2), 149-174. doi:https://doi.org/10.1006/jmla.1994.1008

Lo, Y. Y., & Lo, E. S. C. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of English-medium education in Hong Kong. *Review of Educational Research, 84*(1), 47-73.

Neuroth, J. (2002). *Triaden-Test als Methode zur Ermittlung des Verknüpfungsgrads des Schülerwissens - Eine Verfahrensmodifikation zum V erknüpfungstest.* (1. Staatsexamen Schriftliche Hausarbeit zum 1. Staatsexamen), Essen, Essen.

Nold, G., Hartig, J., Hinz, S., & Rossa, H. (2008). 35 Klassen mit bilingualem Sachfachunterricht: Englisch als Arbeitssprache. In *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch. Ergebnisse der DESI-Studie* (pp. 451-459). Beltz Verlag Weinheim und Basel: Klieme, Eckhard.

Pavlenko, A. (2009). Conceptual representation in the bilingual lexicon and second language vocabulary learning. *The bilingual mental lexicon: Interdisciplinary approaches*, 125-160.

Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P. (1986). Identification of secondary students' misconceptions of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument. *Research in Science Education, 16*(1), 40-48.

Piesche, N., Jonkmann, K., Fiege, C., & Kessler, J. U. (2016). CLIL for all? A randomised controlled field experiment with sixth-grade students on the effects of content and language integrated science learning. *Learning and Instruction, 44*, 108-116. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.04.001

Prather, E. (2005). Students' Beliefs About the Role of Atoms in Radioactive Decay and Half-life. *Journal of Geoscience Education, 53*(4), 345-354. doi:10.5408/1089-9995-53.4.345

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education, 10*(2), 159-169.

Autorenverzeichnis

Abels, Simone, Prof. Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
simone.abels@leuphana.de

20, 736, 713, 724

Albrecht, Reyk, Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Carl-Zeiss-Platz 16
07743 Jena
Deutschland
reyk.albrecht@uni-jena.de

641

Aleksov, Robert
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
robert.aleksov@uni-due.de

314

Annaggar, Amany
Humboldt Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook Taylor Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
amany.annaggar@chemie.hu-berlin.de

377

Arndt, Laura
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Chemie
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
arndt@ph-heidelberg.de

840

Arnold, Julia, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Schweiz
julia.arnold@fhnw.ch

60

Aschauer, Wolfgang, Dr.
Pädagogische Hochschule OÖ
Kaplanhofstraße 40
4020 Linz
Österreich
wolfgang.aschauer@ph-ooe.at

1043, 381, 605

Averbeck, Daniel
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
d.averbeck@uni-due.de

403

Bartosch, Ilse, Dr.
Universität Wien
Elementare Grundausbildung und Hochschuldidaktik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
ilse.bartosch@univie.ac.at

637

Bauer, Anna
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
annabb@mail.upb.de

106

Baur, Armin, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Biologie und ihre Didaktik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
baur@ph-heidelberg.de

860

Becker, Sebastian
Technische Universität Kaiserslautern
AG Didaktik der Physik
Erwin-Schroedinger-Str. Bau 46-522
67663 Kaiserslautern
Deutschland
s.becker@physik.uni-kl.de

190

Bednarek, Andreas
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
bednarek@physik.uni-kassel.de

804

Behrendt, Alina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
alina.behrendt@uni-due.de

633

Beil, Fabian, Dr.
TU Kaiserslautern
FB Physik, AG Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Str. 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
beil@physik.uni-kl.de

1007

Berger, Markus, Dr.
Mary Ward Privatmittelschule
Schneckgasse 3
3100 St. Pölten
Österreich
markus.berger.3130@gmail.com

78

Bewersdorff, Arne
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
bewersdorff@ph-heidelberg.de

860

Bille, Veronika
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
veronika.bille@uni-due.de

892

Billion-Kramer, Tim, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Institut für frühe naturwissenschaftliche Bildung
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
kramer@ph-heidelberg.de

146, 840

Bittorf, Robert
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
bittorf@idn.uni-hannover.de

415

Bitzenbauer, Philipp
Univeristät Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Physik
Staudtstr. 7
91058 Erlangen
Deutschland
philipp.bitzenbauer@fau.de

487

Bliesmer, Kai
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

475

Blöcher, Karla

250

Blum, Ulrich, Dr.
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Physikalisches Institut
blum@physik.uni-bonn.de

784

Bodesheimer, Fenja
Goethe-Universität Frankfurt (a. M.)
Institut für Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Straße 7
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
bodesheimer@chemie.uni-frankfurt.de

361

Boele, Nadine
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Nadine.Boele@chemie.uni-regensburg.de

369

Bögge, Laura
Goethe-Universität Frankfurt/ Main
Institut für Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Str. 7
60438 Frankfurt/ Main
Deutschland
boegge@chemie.uni-frankfurt.de

74

Bohn, Marcus
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
bohn@ph-heidelberg.de

788

Bolte, Claus, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Chemiedidaktik
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
bolte@chemie.fu-berlin.de

515, 520, 524, 491, 516

Bonetti, Angela
Pädagogische Hochschule Zürich
Didaktiken Natur- und
Gesellschaftswissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
angela.bonetti@phzh.ch

102

Borchert, Cornelia
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
cornelia.borchert@tu-bs.de

808

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
aborowsk@uni-potsdam.de

427, 1059, 49, 629, 431, 447, 912

Boyer, Lina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
lina.boyer@uni-due.de

90

Brandenburger, Martina, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
martina.brandenburger@ph-freiburg.de

130, 134

Brauns, Sarah
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
sarah.hoffmann@leuphana.de

724, 713

Breuer, Judith
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
judith.breuer@upb.de

463

Brinkmann, Ute, Dr.
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Strasse 4
64287 Darmstadt
Deutschland
brinkmann@chemie.tu-darmstadt.de

752

Brockmüller, Steffen
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
steffen.brockmueller@uni-due.de

824

Brockmüller, Svenja
Universität Koblenz-Landau
Inst. f. naturwiss. Bildung -
Geographiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
brockmueller@uni-landau.de

669

Brovelli, Dorothee, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch,
Gesellschaft / Naturwissenschaften
Pfistergasse 20
6000 Luzern 7
Schweiz
dorothee.brovelli@phlu.ch

467

Brüggemann, Volker
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
volker.brueggemann@fu-berlin.de

98

Brüggerhoff, Julia
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
julia.brueggerhoff@t-online.de

174

Bub, Frederik
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
frederik.bub@physik.uni-halle.de

258

Budde, Monika Angela, Prof. Dr.
Universität Vechta
Fakultät III Geistes- und Kulturwissenschaften
Driverstraße 22
49377 Vechta
Deutschland
monika-angela.budde@uni-vechta.de

621

Burde, Jan-Philipp, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str.1
60438 Frankfurt a.M.
Deutschland
burde@physik.uni-frankfurt.de

507, 503, 511, 1007, 1055

Buschhüter, David, Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
buschhue@uni-potsdam.de

447, 49, 431, 912

Busker, Maike, Prof. Dr.
Europa-Universität Flensburg
Abteilung für Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
maike.busker@uni-flensburg.de

345, 562, 621

Celik, Kübra
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
kuebra.celik@uni-due.de

536

Deibl, Ines, Dr.
Universität Salzburg
AG Fachdidaktische Lehr-Lernforschung
mit neuen Medien
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
Ines.Deibl@sbg.ac.at

963

Deuber, François, Prof. Dr.
Hochschule Ruhr West
Institut Naturwissenschaften
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
francois.deuber@hs-ruhrwest.de

673

Di Fuccia, David-S., Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
difuccia@uni-kassel.de

804

Dictus, Christian
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
christian.dictus@hu-berlin.de

1039

Dinçol, Sinem Özgür, Dr
Universität Hacettepe
Didaktik der Chemie
Beytepe
6800 Ankara
Türkei
sinemdincol@hacettepe.edu.tr

322

Dohrmann, René
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14
14195 Berlin
Deutschland
rene.dohrmann@fu-berlin.de

768, 685

Donner, Tim
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
tim.donner@hu-berlin.de

118

Dopatka, Liza
TU Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
liza.dopatka@physik.tu-darmstadt.de

511, 503, 507

Dorschu, Alexandra, Prof. Dr.
Hochschule Ruhr West
Institut Maschinenbau
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
alexandra.dorschu@hs-ruhrwest.de

673

Dorsel, Dominik
RWTH Aachen University
II. Physikalisches Institut A
Templergraben 55
52062 Aachen
Deutschland
dorsel@physik.rwth-aachen.de

852

Dreyer, Hans Peter
Universität Zürich
IfE
Berglistrasse 58
CH-9642 Ebnat-Kappel
Schweiz
hanspeter.dreyer@uzh.ch

820

Dür, Wolfgang, Prof. Dr.
Universität Innsbruck
Institut für Fachdidaktik & Theoretische Physik
Technikerstrasse 21a
6020 Innsbruck
Österreich
wolfgang.duer@uibk.ac.at

286

Duscha, Rebecca
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
rebecca.duscha@uni-due.de

932

Egger, Daniela
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
daniela.egger@leuphana.de

713, 724

Eghtessad, Axel, Dr.
Pädagogische Hochschule Tirol
Zentrum für Fachdidaktik,
Chemiedidaktik
Feldstraße 1b
6020 Innsbruck
Österreich
axel.eghtessad@ph-tirol.ac.at

282

Ehlert, Lars
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
Lars.Ehlert@chemie.uni-regensburg.de

868

Emden, Markus, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
markus.emden@phzh.ch

860

Engelmann, Philipp
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 2
7743 Jena
Deutschland
philipp.engelmann@uni-jena.de

162, 158

Engl, Alexander
Universität Koblenz-Landau
Chemiedidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
engl@uni-landau.de

693, 697, 705

Enkrott, Patrick
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
enkrott@uni-potsdam.de

431

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

70, 740, 987

Erdem, Emine, Prof.Dr.
Hacettepe Universität
Didaktik der Chemie
6800 Ankara
Türkei
erdeme@hacettepe.edu.tr

322

Erdoğan, Ümit Işık, Dr.
Universität Hacettepe
Didaktik der Chemie
Beytepe
6800 Ankara
Türkei
isik@hacettepe.edu.tr

322

Ermel, Dorothee
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
ermel@physik.rwth-aachen.de

916

Ewig , Michael, Prof. Dr.
Universität Vechta
Didaktik der Biologie
Driverstr. 22
49377 Vechta
Deutschland
michael.ewig@uni-vechta.de

732

Feser, Markus Sebastian
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Bogenallee 11, Raum 316
20144 Hamburg
Deutschland
markus.sebastian.feser@uni-hamburg.de

290

Feuro-Hintze, Claudia
Pädagogische Hochschule Heidelberg
AG didaktik-aktuell
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
feuro@didaktik-aktuell.de

653

Finger, Alexander
Universität Leipzig
Zentrum für Lehrerbildung und
Schulforschung (ZLS) / AG
Biologiedidaktik
Prager Str. 38-40
4317 Leipzig
Deutschland
alexander.finger@uni-leipzig.de

182, 186, 190

Fischer, Frank, Prof. Dr.
LMU München
LMU München
80802 München
Deutschland
Empirische.Paedagogik@psy.lmu.de

1003

Fischer, Hans E., Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
hans.fischer@uni-due.de

431, 314

Fischer, Julian
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
jafischer@ipn.uni-kiel.de

1015, 1019

Fischer, Vanessa, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
vanessa.fischer@uni-due.de

389, 633

Flieser, Katharina
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
katharina.flieser@physik.uni-regensburg.de

657

Förtsch, Christian, Dr.
LMU München
Didaktik der Biologie
Winzererstraße 45
80797 München
Deutschland
christian.foertsch@bio.lmu.de

198, 999, 210

Freese, Mareike
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
mareike.freese@gmx.de

1067

Frevert, Mareike, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
mfrevert@uni-kassel.de

804

Friedrichs, Gernot, Prof. Dr.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Physikalische Chemie

238

Fühner, Larissa
WWU Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
larissa.fuehner@uni-muenster.de

748

Gausche, Florian
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Physik / Didaktik der Physik
6120 Halle (Saale)
Deutschland
florian.gausche@physik.uni-halle.de

772

Geller, Cornelia, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
Cornelia.Geller@uni-due.de

900

Ghassemi, Novid
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
novid.ghassemi@yahoo.de

617

Gierl, Katharina
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik
Forststraße 7
76829 Landau
Deutschland
gierl@uni-landau.de

828

Gimbel, Katharina
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
katharina.gimbel@uni-kassel.de

804

Girwidz, Raimund, Prof. Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität
München
Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
girwidz@physik.uni-muenchen.de

594, 365, 979, 142

Glatz, Lion Cornelius
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
glatz@physik.uni-frankfurt.de

70

Godowski, Götz
Schulpraktisches Seminar Reinickendorf
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
bolte@chemie.fu-berlin.de

520

Goertz, Simon
RWTH Aachen University
Lehr- und Forschungsgebiet
Experimentalphysik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
goertz@physik.rwth-aachen.de

114, 864

Goldhorn, Laura
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
laura.goldhorn@gmx.de

776, 397

Götze, Benjamin Daniel
RWTH Aachen University
Lehr- und Forschungsgebiet
Experimentalphysik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
goetze@physik.rwth-aachen.de

114

Graf, Sönke, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Marstallstr. 7
69117 Heidelberg
Deutschland
graf@ph-heidelberg.de

122

Gräsel, Cornelia, Prof. Dr.
Bergische Universität Wuppertal
Institut für Bildungsforschung
Rainer-Gruenter-Straße 21
42119 Wuppertal
Deutschland
graesel@uni-wuppertal.de

1003

Graulich, Nicole, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Giessen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Giessen
Deutschland
Nicole.Graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

401, 411

Greitemann, Lars
TU Dortmund
Didaktik der Chemie
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
lars.greitemann@tu-dortmund.de

1023

Gröger, Martin, Prof. Dr.
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

552, 544

Groß, Katharina, Prof. Dr.
Universität Wien
Institut für Didaktik der Chemie
Sensengasse 8/Top 7
1090 Wien
Österreich
katharina.gross@univie.ac.at

720, 94

Große, André
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
grosse@physik.uni-frankfurt.de

681, 499, 206

Güngör, Lena Saniye
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Lehrstuhl für angewandte Ethik
Carl-Zeiss-Platz 16
07743 Jena
Deutschland
lena.saniye.guengoer@uni-jena.de

641

Gut, Christoph, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Didaktiken Natur- und
Gesellschaftswissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
christoph.gut@phzh.ch

102

Gysin, Daniel
Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik NMG
Löwengraben 14
6004 Luzern
Schweiz
daniel.gysin@phlu.ch

467

Haag, Guido
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau in der Pfalz
Deutschland
ghaag@uni-landau.de

816

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Prof. Dr.
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

1055, 266, 503, 661, 66, 832, 507, 511

Haak, Inka, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle
Deutschland
inka.haak@physik.uni-halle.de

385

Habig, Sebastian, Dr.
Universität Duisbug-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sebastian.habig@uni-due.de

1, 82, 649, 920, 991

Hackemann, Timo
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
timo.hackemann@uni-hamburg.de

306

Hammerschmid, Susanne
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
susanne.hammerschmid@gmail.com

246

Hansmann, Ralph
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Institut für Physik und Technische Bildung
Bismarckstraße 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
ralph.hansmann@ph-karlsruhe.de

764

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Campus Essen / T03 R04 D32
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
hendrik.haertig@uni-due.de

995, 983, 90, 673, 314

Hasselbrink, Eckart, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Physikalische Chemie
Uni-ver-si-täts-straße 5
45141 Essen
Deutschland
Eckart.Hasselbrink@Uni-Duisburg-Essen.de

888

Hauff-Achleitner, Andrea
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
aachleitner@hauff.at

483

Havlena, Silvia Alexandra
Universität Salzburg
AG Didaktik der Physik
Hellbrunnerstraße 34
5020 Salzburg
Österreich
silvia.havlena@phsalzburg.at

570

Heck, Volker, Dr.
Universität Siegen
Didaktik der Physik - Geographie
Adolf-Reichwein Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
heck@geographie.uni-siegen.de

544, 548

Heine, Antje, Dr.
Technische Universität Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
01069 Dresden
Deutschland
antje_juliane.heine@tu-dresden.de

800

Heine, Lena, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Sprachbildung und Mehrsprachigkeit
FNO 01/176
44780 Bochum
Deutschland
lena.heine@rub.de

306

Heinicke, Susanne, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Strasse 10
48149 Münster
Deutschland
susanne.heinicke@wwu.de

110

Heinitz, Benjamin
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
heinitzidn.uni-hannover.de

202

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

856, 114, 613, 864, 852, 784

Heinze, Jana, Prof. Dr.
IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Mathematik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
heinze@ipn.uni-kiel.de

278

Henicke, Susanne
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
Jana.Heinze@ur.de

748

Hilfert-Rüppell, Dagmar, Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
d.hilfert-rueppell@tu-braunschweig.de

282, 808

Hinger, Barbara, Prof. Dr.
Universität Innsbruck
Bereich Didaktik der Sprachen
Innrain 52d
6020 Innsbruck
Österreich
Barbara.Hinger@uibk.ac.at

286

Hoffmann, Clemens
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
7743 Jena
Deutschland
c.hoffmann@uni-jena.de

641, 162, 158

Hoffmann, Heiko
Provadis-Hochschule
Fachbereich Chemieingenieurwesen
Industriepark Höchst, Gebaeude B835
65926 Frankfurt am Main
Deutschland
heiko.hoffmann@provadis-hochschule.de

528

Hofmann, Mario
Schulpraktisches Seminar Charlottenburg
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
bolte@chemie.fu-berlin.de

520

Hollweck, Sezen
Ludwig-Maximilians-Universität
München
Didaktik der Chemie
Butenandtstr. 5-13
81377 München
Deutschland
sezen.hollweck@cup.uni-muenchen.de

337

Holz, Christoph
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Strasse 10
48149 Münster
Deutschland
christoph.holz@wwu.de

110

Höner, Kerstin, Prof. Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften, Abt. Chemie u.
Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
k.hoener@tu-braunschweig.de

282, 808

Hönig, Marina
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Naturwissenschaften und Technik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
marina.hoenig@ph-ludwigsburg.de

780

Hopf, Martin, Univ.-Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

479, 483, 582, 503, 511, 507

Martin Erik Horn
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
FB 2: Ingenieurwissenschaften - Technik und Leben
Wilhelminenhofstr. 75a
12459 Berlin
Deutschland
e_hornm@doz.hwr-berlin.de

904

Hornung, Gabriele, Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Chemie
Erwin-Schrödinger-Straße 52
67663 Kaiserslautern
Deutschland
hornung@chemie.uni-kl.de

609

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

290, 294, 310, 423, 306, 495

Hoyer, Christoph
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Physik Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
christoph.hoyer@physik.uni-muenchen.de

979, 142

Hull, Michael, Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum - Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
michael.malvern.hull@univie.ac.at

590

Hundertmark, Sarah, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Chemie
Am kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
hundertmarkidn.uni-hannover.de

728

Hütz, Simon
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut A
Templergraben 55
52062 Aachen
Deutschland
huetz@physik.rwth-aachen.de

852

Huwer, Johannes, Prof. Dr.
University of Education
Chemie und ihre Didaktik
Kirchplatz 2
88250 Weingarten
Deutschland
huwer@ph-weingarten.de

971, 952, 956

Ivanjek, Lana, Dr.
Universität Wien
Fakultät für Physik
Porzellangasse 4/2/E1
1090 Wien
Österreich
lana.ivanjek@univie.ac.at

503, 511, 507

Jesserich, Tatjana
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
jesserich@chemie.tu-darmstadt.de

756

John, Tilmann
PSE Stuttgart-Ludwigsburg
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

393

Joswig, Ann-Kathrin
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
joswig@physik.rwth-aachen.de

443

Joußen, Norman
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
joussen@physik.rwth-aachen.de

856

Jünger, Theresa
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
07743 Jena
Deutschland
theresa.juenger@uni-jena.de

166, 158

Just, Anna Monika
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21c
35394 Gießen
Deutschland
Anna.M.Just@didaktik.physik.uni-giessen.de

597

Kaiser, Nanni
Kinderakademie Mannheim
Augustaanlage 67
68165 Mannheim
Deutschland
nanni.kaiser@ssa-ma.kv.bwl.de

788

Kampschulte, Lorenz, Dr.
Deutsches Museum München
Museumsinsel 1
80538 München
Deutschland
l.kampschultedeutsches-museum.de

983, 995

Kardaş, Engin
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
engin_kardas@hotmail.de

118

Kasper, Lutz, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Physik und ihre Didaktik
Oberbettringer Str. 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
lutz.kasper@ph-gmuend.de

760

Kauertz, Alexander, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
kauertz@uni-landau.de

31, 705, 828, 816, 728

Kay, Christopher W. M., Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
christopher.kay@uni-saarland.de

952, 944, 940, 948, 956

Keller, Sebastian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sebastian.keller@uni-due.de

991

Kellermann, Sarah
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
info@disensu.de

752

Kempin, Maren
Universität Bremen
IDN - Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
maren.kempin@uni-bremen.de

439

Kerres, Michael, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Learning Lab
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
michael.kerres@uni-duisburg-essen.de

1015, 1019

Kirstein, Dennis
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
dennis.kirstein@uni-due.de

82

Klein, Pascal, Jun.-Prof. Dr.
TU Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Strasse, Bau 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
pklein@physik.uni-kl.de

138

Klempin, Christiane, Dr.
Freie Universität Berlin
Institut für Englische Philologie
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
c.klempin@fu-berlin.de

685

Knemeyer, Jens-Peter
IPN Leibniz-Institut für Pädagogik der Naturwissen
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
klietsch@ipn.uni-kiel.de

78, 194, 653

Kober, Ingo, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
AG didaktik-aktuell
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
knemeyer@didaktik-aktuell.de

566

Koenen, Jenna
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Str. 4
64287 Darmstadt
Deutschland
Ingo.Kober@gmx.net

1035

Kohlmann, Eva-Maria, Prof. Dr.
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
jenna.koenen@tum.de

254

Kok, Karel, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Politik
Steinstraße 19
37213 Witzenhausen
Deutschland
em.kohlmann@uni-kassel.de

880

Komor, Ines, Dr.
Pädagogische Hochschule
Niederösterreich
Mühlgasse 67
2500 Baden
Österreich
brigitte.koliander@ph-noe.ac.at

888

Komorek, Michael
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
ines.komor@uni-due.de

475, 709

Kontro, Inkeri, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uni-oldenburg.de

912

Korneck, Friederike, Dr.
University of Helsinki
Department of Physics - Physics
Education Research
Gustaf Hällströmin katu 2
14 Helsinki
Finnland
Inkeri.Kontro@helsinki.fi

206, 499, 681

Köster, Hilde, apl. Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

812, 924

Kotzebue, Lena von, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Grundschulpädagogik, Arbeitsbereich Sachunterricht
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
hilde.koester@fu-berlin.de

190

Krabbe, Heiko, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@rub.de

1051, 1071, 314

Krake, Henning
Universität Diusburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
henning.krake@uni-due.de

844

Kranz, Joachim
Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Chemie
Newtonstraße 14
12489 Berlin
Deutschland
Joachim.kranz@Chemie.hu-berlin.de

796

Krebs, Ann-Katrin
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Didaktik der Physik
ann.krebs@ph-gmuend.de

760

Kreikenbohm, Annika
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Astronomie
Emil-Fischer-Straße 31
97074 Würzburg
Deutschland
akreikenbohm@astro.uni-wuerzburg.de

967

Kremer, Kerstin, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Biologie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
kremer@idn.uni-hannover.de

689

Kremser, Erik
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Physik
Hochschulstraße 6
64289 Darmstadt
Deutschland
erik.kremser@physik.tu-darmstadt.de

190

Kroll, Nele
Universität Hamburg
Erziehungswissenschaft, Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
nele.kroll@uni-hamburg.de

294

Krüger, Marvin
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
krueger(at)physik.uni-frankfurt.de

206

Krumphals, Ingrid, Dr.
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
ingrid.krumphals@uni-graz.at

66, 266

Kuhn, Jochen, Prof. Dr.
Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Str. 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
kuhn@physik.uni-kl.de

1007, 138

Kulgemeyer, Christoph, PD Dr.
Universität Bremen
IDN - Physikdidakik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

439, 427

Kurth, Christopher
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
kurth@physik.uni-kassel.de

262

Küsel, Julian
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Chemie und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
julian.kuesel@ph-ludwigsburg.de

222, 780

Kuske-Janßen, Wiebke
TU Dresden
Didaktik der Physik
01062 Dresden
Deutschland
wiebke.kuske-janssen@tu-dresden.de

471

Noto La Diega, Ruggero
2. Schulpraktisches Seminar Lichtenberg (Berlin)
Köpenicker Straße 10A
10997 Berlin
Deutschland
ruggeronld@hotmail.de

520

Lamparter, Tatjana
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
tatjana.lamparter@physik.uni-muenchen.de

594

Lang, Vanessa
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
s9vvlang@stud.uni-saarland.de

956, 952, 948, 944, 940

Laumann, Daniel, Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
daniel.laumann@uni-muenster.de

182, 186, 1015, 1019

Leisen, Wiebke
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
wiebke.leisen@uni-due.de

314

Lembens, Anja
Universität Wien
Österr. Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

246, 419, 60

Lenzer, Stefanie
Justus-Liebig-Universität Giessen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Giessen
Deutschland
Stefanie.Lenzer@didaktik.chemie.uni-giessen.de

411

Lewalter, Doris, Prof. Dr.
TU München
TUM School of Education
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
doris.lewalter@tum.de

329

Lindmeier, Anke
IPN Kiel
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
lindmeier@ipn.uni-kiel.de

995, 983

Lindner, Martin, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
06099 Halle
Deutschland
martin.lindner@biodidaktik.uni-halle.de

1003

Löffler, Patrick, Dr.
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
loeffler@uni-landau.de

828, 816

Lorentzen, Jenny
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
lorentzen@ipn.uni-kiel.de

238

Lüders, Christina
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
lueders@physik.rwth-aachen.de

784

Ludwig, Tobias
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Didaktik der Physik
Bismarckstraße 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
tobias.ludwig@ph-karlsruhe.de

118

Lühken, Arnim, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt/ Main
Institut für Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Str. 7
60438 Frankfurt/ Main
Deutschland
luehken@chemie.uni-frankfurt.de

74, 361

Lüthjohann, Frank
IPN an der Universität Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
luethjohann@ipn.uni-kiel.de

689

Lutz, Wolfgang
Universität Würzburg
Didaktik der Physik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
wolfgang.lutz@uni-wuerzburg.de

1031

Machart, Peter
Universität Salzburg
Abt. für Physik und Biophysik
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
peter.machart@stud.sbg.ac.at

586

Maier, Simone
Universität Salzburg
AG Fachdidaktische Lehr-Lernforschung
mit neuen Medien
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
simone.maier@sbg.ac.at

963

Markic, Silvija, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
markic@ph-ludwigsburg.de

242, 222, 455, 780

Marmé, Nicole, Prof. apl. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
AG didaktik-aktuell
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
marme@didaktik-aktuell.de

78, 194, 653

Marquardt, Matthias
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der
Chemie
Campus B2 2, Raum 0.25
66123 Saarbrücken
Deutschland
matthias.marquardt@uni-saarland.de

948, 952, 944, 956, 940

Mayer, Jürgen, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
jmayer@uni-kassel.de

804

Mayer, Peter
Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
pe.mayer@lmu.de

186

Meiners, Antoinette
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
anmeiner@uni-potsdam.de

629

Meißner, Christine
Freie Universität Berlin
Fachbereich Physik
Arnimallee 14
14195
Berlin
Deutschland
c.meissner@fu-berlin.de

685

Melle, Insa, Prof. Dr.
TU Dortmund
Didaktik der Chemie
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

214, 1023, 226

Meßinger-Koppelt, Jenny, Dr.
Joachim Herz Stiftung
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
Deutschland
jmessinger@joachim-herz-stiftung.de

960

Metzger, Susanne
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Hofackerstr. 30
4132 Muttenz
Schweiz
susanne.metzger@fhnw.ch

60, 102, 1075

Meuleners, Julia S.
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Biologie
Winzererstr. 45/II
80797 München
Deutschland
julia.meuleners@bio.lmu.de

999

Meyn, Jan-Peter, Prof. Dr.
Universität Erlangen
Didaktik der Physik
Straudtstr. 7
91058 Erlangen
Deutschland
jan-peter.meyn@fau.de

487

Mientus, Lukas
Universität Potsdam
Lehrstuhl Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
lukas.mientus@uni-potsdam.de

629

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

130, 230, 134

Milker, Clemens
TU Dresden
Didaktik der Chemie
Ludwig Ermold Straße 3
01062 Dresden
Deutschland
clemens.milker@tu-dresden.de

274

Milster, Julia-Josefine
Freie Universität Berlin
Dahlem School of Education

617

Morek, Miriam, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Germanistik
Berliner Platz 6-8
45127 Essen
Deutschland
miriam.morek@uni-due.de

649

Moser, Stephanie, Dr.
Technische Universität München
Professur für Formelles und Informelles Lernen
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
stephanie.moser@tum.de

963

Müller, Stefan
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
s.mueller@uni-koeln.de

150

Münster, Christoph
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
christoph.muenster@didaktik.physik.uni-giessen.de

928

Murer, Livia
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
livia.murer@phzh.ch

102

Mutschler, Tanja
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
tmutschl@uni-potsdam.de

912, 447

Nave, Katharina
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik & Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
katharina.nave@hu-berlin.de

1063

Neff, Sascha
Universität Koblenz-Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
neff@uni-landau.de

705

Neppl, Stephanie
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
stephanie.neppl@ur.de

1047

Nerdel, Claudia, Prof. Dr.
TU München
School of Education
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
claudia.nerdel@tum.de

1003

Neuhaus, Birgit J., Prof. Dr.
LMU München
Didaktik der Biologie
Winzererstraße 45
80797 München
Deutschland
birgit.neuhaus@lrz.uni-muenchen.de

1003, 198, 210, 999

Neumann, Knut, Prof. Dr.
IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
neumann@ipn.uni-kiel.de

1015, 689, 1019

Nieß, Carola
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Chemie
Erwin-Schrödinger-Straße 52
67663 Kaiserslautern
Deutschland
niess@chemie.uni-kl.de

609

Nitz, Sandra, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Biologiedidaktik
Fortstrasse, 7
76829 Landau
Deutschland
nitz@uni-landau.de

728

Nordine, Jeff, Prof. Dr.
IPN-Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
nordine@ipn.uni-kiel.de

689

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nordmeier@physik.fu-berlin.de

98, 768, 617, 685

Oettle, Michaela
Pädagogische Hochschule Freiburg
Didaktik der Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
Michaela.Oettle@ph-freiburg.de

230

Opfermann, Maria, Prof.
Ruhr-Universität Bochum
Institut für Erziehungswissenschaft
Uni-ver-si-täts-stra-ße 150
44801 Bo-chum
Deutschland
maria.opfermann@rub.de

892

Ostermann, Anje
IPN Kiel
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
ostermann@ipn.uni-kiel.de

983, 995

Oyrer, Susanne, Dr.
Pädagogische Hochschule OOE
Kaplanhofstraße 40
4020 Linz
Österreich
susanne.oyrer@ph-ooe.at

605

Özgür, Sinem Dinçol, Dr.
Universität Hacettepe
sinemdincol@hacettepe.edu.tr

353

Paczulla, Bianca
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
bianca.paczulla@uni-due.de

389

Pahl, Angelika, Dr.
PHBern
Institut Vorschul- und Primarstufe
Fabrikstrasse 8
3012 Bern
Schweiz
Angelika.pahl@phbern.ch

625

Pandikow, Nina
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21c
35394 Gießen
Deutschland
Nina.Pandikow@didaktik.physik.uni-giessen.de

908

Parchmann, Ilka, Prof. Dr.
IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
parchmann@ipn.uni-kiel.de

341

Pawlak, Felix
Universität zu Köln
Institut für Chemiedaktik
Herbert-Lewin-Str.2
50931 Köln
Deutschland
F.Pawlak@uni-koeln.de

94

Perels, Franziska, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
FR Bildungswissenschaften
Campus A4 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
f.perels@mx.uni-saarland.de

952, 956

Peschel, Markus, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6.3, Zi. 1.03
66123 Saarbrücken
Deutschland
markus.peschel@uni-saarland.de

940, 944, 948, 952, 956

Petermann, Verena
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21 C
35394 Gießen
Deutschland
verena.petermann@didaktik.physik.uni-giessen.de

126

Pfänder, Peter
Universität Duisburg-Essen
Learning Lab
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
peter.pfaender@uni-duisburg-essen.de

1019, 1015

Pfläging, Marisa
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
pflaegin@uni-potsdam.de

1059

Pflüger-Schmezer, Brigitte, Dr.
Forscherstation Heidelberg
KT-Kompetenzzentrum gGmbH
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
pflueger-schmezer@forscherstation.info

194

Plicht, Katja
Hochschule Ruhr West
Institut Naturwissenschaften
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
katja.plicht@hs-ruhrwest.de

673

Plotz, Thomas, Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2
1090 Wien Wien
Österreich
thomas.plotz@univie.ac.at

66

Pospiech, Gesche, Prof.Dr.
Technische Universität Dresden
Professur für Didaktik der Physik
Recknagelbau, Raum B106
Haeckelstraße 3
01069 Dresden
Deutschland
gesche.pospiech@tu-dresden.de

178, 471

Prechtl, Markus, Prof. Dr.
Technische Universität darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Str.4
64287 Darmstadt
Deutschland
prechtl@chemie.tu-darmstadt.de

566, 756, 752

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

333, 880, 357, 118

Priert, Christina
Universität Hildesheim
Didaktik der Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
priert@uni-hildesheim.de

665

Przywarra, Tobias
Universität Koblenz-Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
przywarra@uni-landau.de

872

Puddu, Sandra, Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
sandra.puddu@univie.ac.at

218

Rabe, Thorid, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

258, 772

Ratz, Christoph, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Didaktik im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung,
Wittelsbacherplatz 1
97074 Würzburg
Deutschland
christoph.ratz@uni-wuerzburg.de

744

Ratzek, Johanna H.
Universität Hamburg
Inklusion und inklusive Didaktik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
johanna.ratzek@uni-hamburg.de

495

Rau-Patschke, Sarah, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht (Didaktik der Chemie)
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sarah.rau-patschke@uni-due.de

174

Rautenstrauch, Hanne, Dr.
Europa-Universität Flensburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
hanne.rautenstrauch@uni-flensburg.de

345

Rehberg, Jana
Goethe Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
Rehberg@physik.uni-frankfurt.de

397, 776

Rehfeldt, Daniel, Dr.
Freie Universität Berlin
Sachunterricht und seine Didaktik
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
rehfeldt.daniel@gmail.com

924

Rehm, Markus, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Chemie
Im Neuenheimer Feld 561
69121 Heidelberg
Deutschland
rehm@ph-heidelberg.de

467, 146, 840

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

150

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
peter.reinhold@upb.de

106, 298, 463, 1027

Renner, Melanie
Karl-Franzens-Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
melanie.renner@uni-graz.at

661

Richter, Dirk, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Erziehungswissenschaftliche
Bildungsforschung
Karl-Liebknecht-Straße 24-25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
dirk.richter@uni-potsdam.de

1059

Rieger, Marc
Universität Koblenz-Landau
Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
rieger@uni-landau.de

697, 693

Riese, Josef, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
riese@physik.rwth-aachen.de

443, 613, 916, 435, 427, 447

Riggenmann, Tobias
LMU München
Didaktik der Biologie
Winzererstraße 45
80797 München
Deutschland
tobias.riggenmann@gmx.de

999

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
karsten.rincke@ur.de

278, 657, 1047

Roelle, Julian, Prof. Dr.
Uni Ruhr-Universität Bochum
Institut für Erziehungswissenschaft
Uni-ver-si-täts-stra-ße 150
44801 Bo-chum
Deutschland
julian.roelle@ruhr-uni-bochum.de

892, 888

Roetger, Rebekka
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
roetger@physik.uni-kassel.de

154

Rönnebeck, Silke, Dr.
IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
roennebeck@ipn.uni-kiel.de

689

Ropohl, Mathias, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
mathias.ropohl@uni-due.de

960, 238, 677, 689, 824, 995, 649, 983

Rost, Marvin
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
marvin.rost@hu-berlin.de

532

Rückert, Simone
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
simone.rueckert@uni-due.de

792

Rudolf, Britta
Universität Koblenz-Landau
Institut für naturwissenschaftliche Bildung
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
Rudolf@uni-landau.de

693

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

2, 234, 270, 892, 932, 991, 174

Sacher, Marc, Dr.
Universität Paderborn
Physikalisches Grundpraktikum
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
sacher@upb.de

106

Sajons, Christin
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
christin.marie.sajons@uni-oldenburg.de

709

Salim, Cem
PH Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland

134

Salinga, Christian, Dr.
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
salinga@physik.rwth-aachen.de

784, 613

Sattler, Sabine, Mag. (FH)
Die Industrie
Hartenaugasse 17
8010 Graz
Österreich
sabine.sattler@dieindustrie.at

302

Schad, Vanessa
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik und Techniklehre
Fortstrasse
7
76829 Landau
Deutschland
schad@uni-landau.de

728

Schaller, Melanie
Universität Vechta
Didaktik der Biologie
Driverstr. 22
49377 Vechta
Deutschland
melanie.schaller@uni-vechta.de

732

Schanze, Sascha, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaft
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
schanze@idn.uni-hannover.de

415, 975

Schehl, Marie
Universität Koblenz-Landau
Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
schehl@uni-koblenz-landau.de

693, 250

Scheid, Jochen, Dr.
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
scheid@uni-landau.de

816

Schenk, Claudia
Universität Würzburg
Didaktik im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung
Wittelsbacherplatz 1
97074 Würzburg
Deutschland
claudia.schenk@uni-wuerzburg.de

744

Schildknecht, Robin
Universität Koblenz Landau
Biologiedidaktik
Fortstrasse 7
76829 Landau
Deutschland
schildknecht@uni-landau.de

728

Schlei, Sören

495

Schlüter, Bert
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Deutschland
bert.schlueter@rub.de

329

Schmeling, Sascha, Dr.
CERN
1211 Genève 23
Schweiz
sascha.schmeling@cern.ch

86

Schmoll, Isabel
Ph Weingarten
Chemie und ihre Didaktik
Kirchplatz 2
88250 Weingarten
Deutschland
isabel-94@outlook.de

971

Schneider, Charlotte
Pädagogische Hochschule FHNW, Basel
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Schweiz
charlotte.schneider@fhnw.ch

1075

Schneider, Jonas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätstr. 2
45117 Essen
Deutschland
Jonas-Schneider@gmx.de

900

Schneider, Marlon
Universität Bremen
marlon.schneider@uni-bremen.de

242

Scholz, Rüdiger, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Quantenoptik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
r.scholz@iqo.uni-hannover.de

701

Schorn, Bernadette, Dr.
RWTH Aachen University
Lehrerbildungszentrum
schorn@lbz.rwth-aachen.de

784

Schrader, Nicole
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
n.schrader@fu-berlin.de

491

Schröder, Jan
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
jkschroeder@physik.rwth-aachen.de

435, 447

Schubatzky, Thomas
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
thomas.schubatzky@uni-graz.at

503, 832, 511, 1055, 507

Schulz, Julia
IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwi
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
jschulz@ipn.uni-kiel.de

689

Schumann, Svantje, Prof. Dr.
Fachhochschule Nordwestschweiz
Institut Primarstufe, Didaktik des Sachunterrichts
Hofackerstr. 30
4132 Muttenz
Schweiz
svantje.schumann@fhnw.ch

558, 544

Schüttler, Tobias
LMU München
Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
tobias.schuettler@lmu.de

365

Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Sachunterrichtsdidaktik
Friedrichstraße 194-199
10117 Berlin
Deutschland
julia.schwanewedel@hu-berlin.de

677, 995, 983

Schwanke, Hagen
Universität Würzburg
Didaktik der Physik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
hagen.schwanke@physik.uni-wuerzburg.de

1011

Schwarz, Maria
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
maria.teresa.schwarz@univie.ac.at

582

Schwarz, Oliver, Prof. Dr.
Universität Siegen
Didaktik der Physik
Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
schwarz@physik.uni-siegen.de

556, 544

Schwarzer, Stefan, Prof. Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Chemie
Butenandtstr. 5-13
81377 München
Deutschland
stefan.schwarzer@cup.uni-muenchen.de

326, 337, 341

Schwichow, Martin
PH Freiburg
Physikdidaktik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
martin.schwichow@ph-freiburg.de

130, 134

Seibert, Johann
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
johann.seibert@uni-saarland.de

952, 948, 956, 940, 944

Seiler, Florian
Universtität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
florian.seiler@ur.de

645

Seiter, Marco
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
Marco.Seiter@rub.de

1051

Sellin, Katja
Leuphana Universität Lüneburg
Institut für integrative Studien
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
katja.sellin@leuphana.de

724

Simon, Marcel
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
7743 Jena
Deutschland
m.simon@uni-jena.de

170, 158

Skorsetz, Nina, Dr.
Universität Frankfurt
Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarst
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 Frankfurt
Deutschland
skorsetz@em.uni-frankfurt.de

349

Smarsly, Bernd, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Giessen

411

Spatz, Verena, JProf. Dr.
TU Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
verena.spatz@physik.tu-darmstadt.de

318, 511, 896, 397, 776, 507, 503

Spitzer, Philipp, Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
philipp.spitzer@univie.ac.at

451, 218

Spoden, Christian, Dr.
Deutsches Institut für
Erwachsenenbildung
Leibniz-Zentrum für Lebenslanges
Lernen
Heinemannstraße 12-14
53175 Bonn
Deutschland
spoden@die-bonn.de

431

Staacks, Sebastian, Dr,
RWTH Aachen University
II. Physikalisches Institut A
Templergraben 55
52062 Aachen
Deutschland
staacks@physik.rwth-aachen.de

852

Stamer, Insa
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
stamer@ipn.uni-kiel.de

341

Stampfer, Christoph, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
II. Physikalisches Institut A
Templergraben 55
52062 Aachen
Deutschland
stampfer@heinke@physik.rwth-aachen.de

852

Starauschek, Erich, Prof. Dr.
PSE Stuttgart-Ludwigsburg
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
starauschek@ph-ludwigsburg.de

393

Steffensky, Mirjam, Prof. Dr.
IPN Kiel
Olshausenstr. 62
24098 Kiel
Deutschland
steffensky@ipn.uni-kiel.de

238

Stegemann, Sandra
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sandra.stegemann@uni-due.de

270

Stegmann, Karsten, Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität München
Leopoldstr. 13
80802 München
Deutschland

1003

Steinmann, Tatjana
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
steinmann@idmp.uni-hannover.de

1015, 1019

Stender, Anita, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
anita.stender@uni-due.de

90

Sterzing, Fabian
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
fabian.sterzing@upb.de

1027, 298

Stinken-Rösner, Lisa, Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
lisa.stinken-roesner@leuphana.de

736

Stolzenberger, Christoph, Dr.
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
christoph.stolzenberger@physik.uni-wuerzburg.de

967

Strahl, Alexander, Prof. Dr.
Universität Salzburg
SoE, AG Didaktik der Physik
Hellbrunnerstr 34
5020 Salzburg
Österreich
alexander.strahl@sbg.ac.at

586, 601, 848, 570, 963

Streller, Sabine, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

516, 515, 520

Strunk, Nadezda
Universität Hamburg
Physikdidaktik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
nadezda.strunk@uni-hamburg.de

310

Suppert, Simone
Universität Salzburg
AG Didaktik der Chemie
Hellbrunnerstraße 34
5020 Salzburg
Österreich
simone.suppert@sbg.ac.at

570

Sührig, Laura
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
suehrig@physik.uni-frankfurt.de

740

Szogs, Michael
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
szogs@physik.uni-frankfurt.de

499, 206, 681

Sumfleth, Elke, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

389, 888, 920, 403

Tampe, Jana
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
jana.tampe@physik.tu-darmstadt.de

896

Sun, Xiaokang, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Sonderpädagogik
Lange Laube 32
30169 Hannover
Deutschland
xiaokang.sunifs.uni-hannover.de

728

Teichrew, Albert
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
teichrew@physik.uni-frankfurt.de

987, 70

Tenorth, Elmar, Prof. Dr.
HU Berlin
Unter den Linden 6
10099 Berlin
Deutschland
tenorth@hu-berlin.de

5

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@ur.de

369, 645, 868

Thees, Michael
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Str. 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
theesm@physik.uni-kl.de

1007

Thews, Sina Gómez
Universität Hildesheim
Institut für Biologie & Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
gomezs@uni-hildesheim.de

716

Theyßen, Heike, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
heike.theyssen@uni-due.de

936, 900

Thoms, Lars-Jochen, Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität
München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
l.thoms@lmu.de

186, 979, 190

Thyssen, Christoph, Apl. Prof. Dr.
TU Kaiserslautern
Fachdidaktik der Biologie
Erwin Schrödinger Str. 14
67663 Kaiserslautern
Deutschland
thyssen@rhrk.uni-kl.de

182, 971, 190, 186

Timmerman, Philip
Ruhr-Universität Bochum
AG Didaktik der Physik
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Deutschland
Timmerman@physik.rub.de

1071

Tonyali, Büsra
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
buesra.tonyali@uni-due.de

677

Trauten, Florian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
florian.trauten@uni-due.de

884

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
trefzger@uni-wuerzburg.de

1011, 1031, 967

Ungermann, Matthias
TU Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64283 Darmstadt
Deutschland
matthias.ungermann@physik.tu-darmstadt.de

318

Vairo Nunes, Renan Marcello
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
renan.vairo@gmail.com

578

Varnai, Agnes Szabone, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
avarnai@mail.upb.de

298, 1027

Virtbauer, Lisa, Dr.
Universität Salzburg
SoE, AG Didaktik der Biologie
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
Lisa.virtbauer@sbg.ac.at

848

Voigt, Julia
Freie Universität Berlin
Grundschulpädagogik, Arbeitsbereich Sachunterricht
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
julia.voigt@fu-berlin.de

812

Volz, Daniel
Universität Koblenz-Landau
Zentrum für Bildung und Forschung an Außerschulischen Lernorten
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
volz@uni-landau.de

693

von Aufschnaiter, Claudia, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21c
35394 Gießen
Deutschland
Claudia.von-Aufschnaiter@didaktik.physik.uni-giessen.de

597, 908, 928

Vorholzer, Andreas, Jun.-Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
avorholzer@jlug.de

126, 836, 102

Van Vorst, Helena, Dr.
Universität zu Köln
Didaktik der Chemie
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
h.vanvorst@uni-koeln.de

792, 888, 689

Wagner, Steffen, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
steffen.wagner@physik.hu-berlin.de

357

Waitzmann, Moritz
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Deutschland
waitzmann@idmp.uni-hannover.de

701

Waldner, Ines, Dr.
Pädagogische Hochschule Steiermark
Institut für Sekundarstufe Allgemeinbildung
Hasnerplatz 12
8010 Graz
Österreich
ines.waldner@phst.at

540

Watzka, Bianca, Dr.
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
bianca.watzka@lmu.de

142, 365

Weatherby, Thomas
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
weatherby@physik.uni-frankfurt.de

1007

Weber, Christoph, Dr.
Pädagogische Hochschule OÖ
Kaplanhofstraße 40
4020 Linz
Österreich
christoph.weber@ph-ooe.at

381

Weber, Jannis
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
weber@physik.uni-frankfurt.de

459

Weinberger, Philip
Universität Koblenz-Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
weinberger@uni-landau.de

250

Weirauch, Katja, Dr.
Universität Würzburg
Didaktik der Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
Deutschland
Katja.Weirauch@uni-wuerzburg.de

744

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
welzel@ph-heidelberg.de

122, 349, 788

Weßnigk, Susanne, Jun. Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Deutschland
wessnigk@idmp.uni-hannover.de

701, 1019, 1015

Wilbers, Jens, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
jens.wilbers@ph-freiburg.de

130

Wilhelm, Markus, Prof. Dr.
PH Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft
Sentimatt 1
6003 Luzern
Schweiz
markus.wilhelm@phlu.ch

840

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

578, 397, 459, 507, 776, 1007, 86, 1051, 503, 511, 1055

Winkelmann, Jan, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
winkelmann@physik.uni-frankfurt.de

1067

Winkens, Tobias
RWTH Aachen
52056 Aachen
Deutschland
tobias.winkens@rwth-aachen.de

864

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

46, 254, 154, 262, 804

Woest, Volker, Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
7743 Jena
Deutschland
volker.woest@uni-jena.de

158, 166, 170, 162, 641

Wöhlke, Carina
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
carina.woehlke@rub.de

423

Woitkowski, David, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
david.woitkowski@upb.de

55, 373

Wolf, Nicole, Dr.
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
nicole.wolf@uni-wuerzburg.de

967

Wulff, Claudia, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
claudia.wulff@uni-kassel.de

254

Wulff, Peter
Universität Potsdam
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
peter.wulff@uni-potsdam.de

49, 629

Yavuz, Zeki
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
zeki.yavuz@uni-due.de

649

Yılmaz, Ayhan, Prof. Dr.
Universität Hacettepe
Didaktik der Chemie
Beytepe
6800 Ankara
Türkei
sinemdincol@gmail.com

353

Zehler, Dennis
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
zehler@idn.uni-hannover.de

975

Ziepprecht, Kathrin, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
k.ziepprecht@uni-kassel.de

254, 804

Zimmermann, Franziska
TU Dortmund
Didaktik der Chemie
Otto-Hahn-Straße 6
44137 Dortmund
Deutschland
franziska.zimmermann@tu-dortmund.de

226

Zloklikovits, Sarah
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
sarah.zloklikovits@univie.ac.at

479

Zöggeler, Marion
Universität Salzburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Hellbrunnerstraße 34
5020 Salzburg
Österreich
marion.zoeggeler@sbg.ac.at

601

Zumbach, Jörg, Prof. Dr.
Universität Salzburg
School of Education
Hellbrunnerstraße 34
5020 Salzburg
Österreich
joerg.zumbach@sbg.ac.at

963

Die 46. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2019 an der Universität Wien ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“ diskutierten neben den Plenarreferentinnen und -referenten eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

GDCP

www.gdcp.de