Sascha Bernholt (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Bremen 2014

GDCP IPN

Sascha Bernholt (Hg.)

Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Band 35

IPN

Sascha Bernholt (Hg.)

Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Bremen 2014

IPN

Die Informationen im vorliegenden Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Texte und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt, dennoch sind Fehler nicht auszuschließen. Verlag, Herausgeber sowie die Autorinnen und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Alle Rechte vorbehalten; Vervielfältigungen und Speicherung in elektronischen Medien – auch zum Zwecke der Eigennutzung – sowie die gewerbliche Nutzung von in diesem Buch gezeigten Modellen, Arbeiten etc. sind nicht gestattet.

Bibliographische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN 978-3-89088-362-5

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)
Herausgeber: Sascha Bernholt
Vorstand: Ilka Parchmann (Sprecherin), Jenna Koennen, Karsten Rincke, Peter Reinhold

© IPN Kiel 2015
Alle Rechte beim Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Olshausenstr. 62, D-24118 Kiel
www.ipn.uni-kiel.de

Inhaltsverzeichnis

SASCHA BERNHOLT

Vorwort 1

ILKA PARCHMANN

Einführung 2

Plenarvorträge

BERND RALLE

Sprachliche Heterogenität und fachdidaktische Forschung 4

URSULA KESSELS

Zur Kompatibilität von Geschlechtsidentität, MINT-Fächern und schulischem Engagement: Warum wählen Mädchen seltener Physik und machen häufiger Abitur als Jungen? 19

RITA WODZINSKI

Leistungsheterogenität im naturwissenschaftlichen Unterricht – methodische Ansätze und empirische Befunde 31

Workshop

GABRIELE HORNUNG, JOCHEN MAYERL & CHRISTOPH THYSSEN

Evaluation der phasenübergreifenden Lehrerausbildung. Eine Längsschnittstudie zu Einstellungen und Verhalten von Referendaren 43

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

JÜRGEN MENTHE & JAN HAUKE SCHEIDEL

Inklusiver Chemieunterricht - Herausforderungen und Lösungsansätze 46

MAIKE BUSKER & MONIKA BUDDE

Fachspezifische Qualifikation zur Sprachförderung im Lehramtsstudium 49

MICHAEL ANTON

Der "qualitative Lernsprung" - Eine Herausforderung auch für die Chemiedidaktik 52

MARIAN BUSCH & VOLKER WOEST

Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht - empirische Befunde zur Lehrerperspektive - 55

KERRIN RIEWERTS

Lebenslanges Lernen - Experimentieren mit älteren Generationen 58

BENBETKA MAHDI, CHENOUGA ABDELMADJID & AHMED LATEF

Die Analyse des Lehrbuchs Physik, Teil 2 61

TIM N. HÖFFLER, JANET S. BLANKENBURG & ILKA PARCHMANN

Schülerwettbewerbsteilnehmende – Charakteristika und Erfolgsfaktoren 64

CHRISTINE KÖHLER, SASCHA BERNHOLT, TIM N. HÖFFLER & ILKA PARCHMANN

Charakteristika von Wettbewerbsteilnehmenden 67

SABINE NICK, DETLEF URHAHNE, JUSTINE STANG & ILKA PARCHMANN

Lässt sich der Erfolg bei Wettbewerben vorhersagen? 70

JÜRGEN PAUL & JORGE GROß

Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften beim Wettbewerb Jugend forscht 73

JANET S. BLANKENBURG, TIM N. HÖFFLER & ILKA PARCHMANN

Design und Evaluation eines naturwissenschaftlichen Wettbewerbstags 76

SIMONE ABELS, ADEJOKE ADESOKAN, SILVIJA MARKIC & SANDRA PUDDU

Umgang mit Diversität und Heterogenität im Chemieunterricht 79

SILVIJA MARKIC

PCK von Chemielehrern zum Lernen und Lehren von Fachsprache 82

SANDRA PUDDU & ANJA LEMBENS

Scaffolding bei der Einführung Forschenden Lernens 85

SIMONE ABELS

Forschendes Lernen im Chemieunterricht einer inklusiven Schule 88

ADEJOKE ADESOKAN & CHRISTIANE S. REINERS

Konzeption zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen für Lernende im Chemieunterricht an Förderschulen 91

MARIANNE KORNER & MARTIN HOPF
Cross-Age Peer Tutoring: Lernerfolge in Elektrizitätslehre und Optik 94

KATHRIN STECKENMESSER-SANDER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER
Einfluss des Interesses auf die Bearbeitung physikbezogener Aufgaben 97

Vortragsblock B

MARKUS REHM, DOROTHEE BROVELLI, MARKUS WILHELM, CHRISTIAN VOLLMER, BENJAMIN TEMPEL & KATRIN BÖLSTERLI
Lehrkompetenz für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht 100

LARS OETTINGHAUS, FRIEDERIKE KORNECK, JUSTUS ZOKAIE & JAN LAMPRECHT
Physikbezogene Kompetenzmerkmale nach dem Lehramts- oder Fachstudium 103

JOCHEN KRÖGER, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN
Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte 106

DAVID WOITKOWSKI, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD
Physikalisches Fachwissen in verschiedenen Studiengängen und Wissensstufen 109

FLORIAN GIGL, SIMON ZANDER, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER
Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik 112

YVONNE GRAMZOW, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD
Fachdidaktisches Wissen Physik – Validierungsstudien 115

ELISABETH TOMCZYSZYN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER
Messung des Erklärungswissens von Lehramtsstudierenden der Physik 118

PHILIPP STRAUBE & VOLKHARD NORDMEIER
Erkenntnisgewinnungskompetenz im Lehramtsstudium 121

ANNA SCHMITT & INSA MELLE
Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung 124

MARVIN KRÜGER, FRIEDERIKE KORNECK, LARS OETTINGHAUS & MAREIKE KUNTER
Bewertung von Unterrichtsqualität - Schulart- und lehrkraftspezifische Unterschiede 127

VIKTORIA RATH & PETER REINHOLD

Modellierung diagnostischer Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden 130

CORNELIA SUNDER, MARIA TODOROVA & KORNELIA MÖLLER

Die professionelle Wahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden fördern 133

EVA CAUET, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER

Testen wir relevantes Wissen? -Professionswissen von Physiklehrkräften- 136

SVEN LIEPERTZ & ANDREAS BOROWSKI

Einfluss von Professionswissen von Physiklehrkräften auf Sachstruktur und Schülerleistung 139

Vortragsblock C

HENDRIK HÄRTIG, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER, CHRISTOPH GUT & SUSANNE METZGER

Symposium: Experimentelle Kompetenzen diagnostizieren und fördern 142

PITT HILD, JOSIANE TARDENT, CHRISTOPH GUT & SUSANNE METZGER

Projekt ExKoNawi: Typenspezifische Kompetenzprogressionen bei hands-on Testaufgaben 145

ANDREAS VORHOLZER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER

Aufbau prozessbezogener Kompetenzen – Ergebnisse einer Interventionsstudie 148

MARTIN SCHWICHOW, HENDRIK HÄRTIG & TIM N. HÖFFLER

Einfluss der Lerngelegenheit auf den Erwerb experimenteller Kompetenz 151

VERONIKA MAISEYENKA & HORST SCHECKER

Förderung experimenteller Kompetenz 154

ANDREAS TRAUTMANN, DESIREE HEINE & ALEXANDER KAUERTZ

Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschülern 157

DESIREE HEINE, ANDREAS TRAUTMANN, ANN-KATHRIN MÜLLER & ALEXANDER KAUERTZ

Analyse der fachlichen Adäquatheit beim Experimentieren 160

TOBIAS LUDWIG & BURKHARD PRIEMER

Argumentationen in Real- und Simulationsexperimenten - Ergebnisse einer experimentellen Laborstudie 163

MELANIE WÄCHTER & ALEXANDER KAUERTZ

Förderung argumentativer Kompetenz im Physikunterricht 166

BODO EICKHORST, MARTIN DICKMANN, HORST SCHECKER, HEIKE THEYSSEN & KNUT NEUMANN

Messung experimenteller Kompetenz im Large Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben 169

EMINE ERDEM, ÇAĞLA ÇIFTÇI & ÜMIT IŞIK ERDOĞAN

Einfluss von experimenteller Anwendung auf Erfolgshaltung von Schülern 172

JOCHEN SCHEID, ANDREAS MÜLLER, ROSA HETTMANNSPERGER, WOLFGANG SCHNOTZ & JOCHEN KUHN

Erhebung repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Physiklernenden 175

STEFFEN WAGNER, BURKHARD PRIEMER, FRANZ BOCZIANOWSKI & CEDRIC LINDER

Analyse des Modellverständnisses Physikstudierender am Beispiel der optischen Brechung 178

SUSANNE HEINICKE

Alle machen Fehler? - Die Klassische Fehlerrechnung neu gedacht 181

ANTONY CROSSLEY & ERICH STARAUSCHEK

Online-Hausaufgaben im Physikunterricht 184

EVELIN SCHRÖTER & ROGER ERB

Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben 187

ILSE BARTOSCH

Subjektive Theorien von Lehrkräften und Chancengerechtigkeit 190

MARKUS BLIERSBACH & CHRISTIANE S. REINERS

Implementierung von Kreativität in den Chemieunterricht?! 193

Vortragsblock D

RITA BORROMEO FERRI

Phasen im Modellierungskreislauf - Unterschiede in Theorie und Empirie 196

GESCHE POSPIECH, OLAF UHDEN & MARIE-ANNETTE GEYER
Modell der mathematischen Modellierung in der Physik 199

BETTINA KREITER, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER
Modellierungsanforderungen in Leistungskursabituraufgaben in Physik - Ergebnisse einer modellbasierten Aufgabenanalyse 202

INES GOLDHAUSEN & DAVID-S. DIFUCCIA
Der Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht 205

KATRIN HOCHBERG, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER
iMechanics: Untersuchung der Lernwirkung von Smartphones in der Sek. 2 208

MICHAEL HIRTH, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER
iAcoustics – Smartphones im Bereich Schwingungen und Wellen 211

PASCAL KLEIN, SEBASTIAN GRÖBER, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER
Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1 214

MARTIN HAWNER, ANDREAS MÜLLER, SASCHA SCHMELING & THOMAS TREFZGER
Interessenstudie zu Schülerlaboren mit dem Thema Astroteilchenphysik 217

ALEXANDER MOLZ, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER
Lehren, Lernen & Forschen im Physik-Schülerlabor iPhysicsLab 220

REBECCA CORS, ANDREAS MÜLLER & NICOLAS ROBIN
Novelty at a moblie labatory - Pilot study results 223

HEIKE ITZEK-GREULICH & STEFAN SCHWARZER
Potenziale und Wirkungen von Schülerlaboren - Vortragssymposium 226

SILKE VORST
Kooperationen für die Zukunft - Das Schülerlabor-Netzwerk GenaU 229

STEFAN SCHWARZER & ILKA PARCHMANN
Erwartungen von Schülern und Wissenschaftlern an Schülerlaborbesuche 232

HEIKE ITZEK-GREULICH
Schülerlaborbesuch als Ersatz oder Ergänzung? – Motivationseffekte 235

MONIKA HOLMEIER

Wie beurteilen Schüler/innen und Lehrpersonen das mobile Lernlabor MobiLab? 238

HANNES SANDER & DIETMAR HÖTTECKE

Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung 241

SASCHA SOKOLOWSKI & VERENA PIETZNER

Berufsorientierende Lernaufgaben 244

NADJA BELOVA, FIONA AFFELDT & INGO EILKS

Werbung im Chemieunterricht – ein Kleinmodul zum Thema „Proteinshakes“ 247

JENS-PETER KNEMEYER, LARS HÖRNER & NICOLE MARMÉ

Electronic Design – Physik im Kunstunterricht 250

Vortragsblock E

MARTINA BRANDENBURGER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & PETER LABUDDE

Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen von Studierenden 253

ULRIKE GROMADECKI-THIELE & BURKHARD PRIEMER

Argumentationsmuster von Lehramtskanidaten in Physik 256

ÜMIT IŞIK ERDOĞAN & KÜBRA KOÇAK

Argumentationsprozesse im Chemielabor am Beispiel Lösungen 259

JAN HEIDRICH, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN

Strukturelle- und externe Validierung eines Experimentiertests 262

LISA ENGL & BJÖRN RISCH

Auswirkung der Protokollierfähigkeit auf die Lernwirksamkeit 265

ELINA PLATOVA & MAIK WALPUSKI

Optimierung und Evaluation eines Laborpraktikums 268

INES LAMMERTZ & HEIDRUN HEINKE

Learn to write und Peer-Feedback im Physikpraktikum 271

INKA HAAK & PETER REINHOLD

Physikstudierende individuell fördern – Evaluation eines Lernzentrums 274

INGO BREBECK & ELKE SUMFLETH

Selbstreguliertes Lernen zu Beginn des Chemiestudiums 277

SENAR TEMEL, SINEM DINÇOL ÖZGÜR & AYHAN YILMAZ

Ein projektbasiertes Lernmodell: Umweltprojekte: Eine Inhaltsanalyse 280

CLAUDIA MEINHARDT, THORID RABE & OLAF KREY

Quantitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeits-erwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern – Erste Ergebnisse 283

TANJA RUBERG & MICHAEL KOMOREK

Einfluss von Praxisphasen auf die Unterrichtsplanung und -reflexion von Physik-Lehramtsstudierenden 286

MARKO MANSHOLT & MICHAEL KOMOREK

Adaptive Planungs- und Diagnoseprozesse im Lehr-Lern-Labor 289

HENDRIK HÄRTIG

Offene Antworten und Multiple Choice Tests im direkten Vergleich 292

BERNHARD SIEVE & SASCHA SCHANZE

IWBs als innovative Werkzeuge im Chemieunterricht? -eine Intervention- 295

SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER

Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche 298

STEPHAN FRAß & HEIDRUN HEINKE

Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen 301

JAN-HENRIK KECHEL & RITA WODZINSKI

Methoden zur Erfassung von Schwierigkeiten bei Schülerexperimenten 304

MARTIN DRAUDE & RITA WODZINSKI

Diagnosekompetenz von Physiklehrkräften beim Schülerexperimenten 307

Vortragsblock F

DIETMAR HÖTTECKE, ANDREAS HENKE & JANNE KRÜGER

Naturwissenschaften im Wandel der Zeit - Konzepte der Wissenschaftsforschung 310

ANDREAS HENKE, DIETMAR HÖTTECKE & JANNE KRÜGER

Schülervorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften - Schüler/-innen zeichnen den „Weg der Wissenschaft“ 313

JANNE KRÜGER, DIETMAR HÖTTECKE & ANDREAS HENKE

Orientierungen von Schülern zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften 316

FLORIAN KRAFT & MARTIN GRÖGER

Liebigs Elementaranalyse im Kontext des Erwerbs von Wissen über NoS 319

ANJA LEMBENS & CHRISTOPH WEBERNDORFER

"Mit Experimenten kann man Theorien beweisen" – NOS-Beliefs Studierender 322

KATJA WEIRAUCH & EKKEHARD GEIDEL

Heterogenität als "Kerngeschäft": Neue Herausforderungen an das Professionswissen durch Seminarfächer 325

BERND SCHÜSSELE, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & ELMAR STAHL

Entwicklung, Pilotierung und Evaluation eines Instruments zur Erhebung des Wissenschaftsverständnisses in Physik 328

LYDIA SCHULZE HEULING, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MATTHIAS NÜCKLES

Das Wissenschaftsverständnis von Physiklehrkräften und der Zusammenhang mit Unterrichtsmethoden 331

MANUELA WELZEL-BREUER, NINA SKORSETZ, MARIA BREUER, MELITTA GÖRES, SIGRID STRECKER & CAROLIN SEELMANN

Kinder, MINT und Literacy 334

BRIGITTE PFLÜGER-SCHMEZER & MANUELA WELZEL-BREUER

Informationsflüsse – Eine empirische Studie zur Rolle der Eltern und deren Resonanz auf frühe naturwissenschaftliche Bildungsangebote 337

BRITTA KALTHOFF, HEIKE THEYßEN & NICO SCHREIBER

Förderung experimenteller Fähigkeiten bei Sachunterrichtsstudierenden - Erste Ergebnisse einer Interventionsstudie 340

HILDEGARD URBAN-WOLDRON

Professionsbezogene Kompetenzentwicklung von Lehrkräften für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht 343

JANINA PAWELZIK, MARIA TODOROVA, MIRIAM LEUCHTER & KORNELIA MÖLLER

Einfluss des Orientierungspraktikums auf die Selbstwirksamkeit von Sachunterrichtsstudierenden 346

MAIKE SCHMIDT, KATHARINA FRICKE & STEFAN RUMANN

Ausbildung, Erfahrung und Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften 349

MONIKA ZIMMERMANN, HENDRIK LOHSE-BOSSENZ, MIRIAM JANKE, STEFEN MÜLLER, ISABELLE KREMER & WOLFGANG TIETZE

Praxiswirkungen einer Erzieherfortbildung - eine experimentelle Studie 352

Vortragsblock G

CAROLIN HÜLSMANN & MAIK WALPUSKI

Chemie als Leistungskurs unbeliebt - Determinanten der Kurswahl 355

NINA BERTELS & CLAUS BOLTE

Einflussfaktoren des Chemieunterrichts auf die Berufswahl 358

ANNA KOTWICA & VERENA PIETZNER

Die Sicht von Chemieauszubildenden auf ihren Chemieunterricht in der Sekundarstufe I 361

ANJA GÖHRING & ANJA SCHÖDL

Fachspezifische Lehrerkompetenzen (FALKO) – Teilprojekt Physik 364

HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER

Leistungsentwicklung im Physikunterricht der gymnasialen Unterstufe 367

STEPHANIE TRUMP & ANDREAS BOROWSKI

Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II - Wie und Welche? 370

PETER LABUDDE

Formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen 373

MATHIAS ROPOHL, SILKE RÖNNEBECK & SASCHA BERNHOLT

Ergebnisse eines Literatur-Reviews zur formativen Beurteilung 375

GUNNAR FRIEGE & MAXIMILIAN BARTH

Das EU-Projekt SAILS - Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science 378

REGULA GROB & PETER LABUDDE

Methoden für die formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen 381

NICOLE MARMÉ, JONATHAN GLASER, SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER

Chain Reaction – a sustainable approach to Inquiry Based Science Education 384

CHRISTIAN MAURER & KARSTEN RINCKE

Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen 387

SIMON ZANDER, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER

Guter Physikunterricht für schwächere Schülerinnen und Schüler 390

RAINER WACKERMANN

Explorative Untersuchung des Vorkommens von Vernetzungsphasen in ganzen Unterrichtsreihen – Vorhaben und erster Eindruck 393

ANNE BEERENWINKEL, MATTHIAS VON ARX & PETER LABUDDE

Konstruktivistische Merkmale und Motivation im Physikunterricht 396

FADIME KARABÖCEK & ROGER ERB

Survey Experimente – Der Einsatz von Experimenten im Physikunterricht 399

ALEXANDER F. KOCH, CLAUDIA STÜBI, IRENE FELCHLIN & PETER LABUDDE

Swiss Science Education - Innovative Unterrichtsentwicklung an Schulen 402

CLAUDIA STÜBI, PETER LABUDDE, IRENE FELCHLIN & ALEXANDER F. KOCH

SWiSE vereint Modellschulen, Hochschulen und Kultusministerien 405

IRENE FELCHLIN, ALEXANDER F. KOCH, CLAUDIA STÜBI & PETER LABUDDE

Förderung der naturwissenschaftlichen Grundkompetenzen bei SWiSE 408

ALEXANDER F. KOCH, IRENE FELCHLIN, CLAUDIA STÜBI & PETER LABUDDE

Handlungsnahe Kognitionen im Naturwissenschaftsunterricht 411

Poster

TOBIAS MÜHLENBRUCH & VOLKHARD NORDMEIER

Optimierung naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika 414

TOBIAS MÜHLENBRUCH, DANIEL REHFELDT & VOLKHARD NORDMEIER

Qualitative Bedarfsanalyse im physiologischen Praktikum der Veterinärmedizin 417

DANIEL REHFELDT, TOBIAS MÜHLENBRUCH & VOLKHARD NORDMEIER

Fragebogen zu Praktikumskompetenzen (PraKo): Erforschung naturwissenschaftlicher Praktika 420

CHRISTIAN EFFERTZ, IRINA SCHWARZ, INES LAMMERTZ, JAN ERKELENZ & HEIDRUN HEINKE

Lernvideos im Physikpraktikum für Biologen - Entwicklung und Evaluation 423

KATHARINA PLÜCKERS & HEIDRUN HEINKE

Mit Mausklicks zu mehr Motivation und Selbstvertrauen im Praktikum? 426

INES LAMMERTZ & HEIDRUN HEINKE

Lernerfolge im Physikpraktikum durch Wandlung der Feedbackkultur 429

MICHAEL KOMOREK, THOMAS WILHELM, MARTIN HOPF & BERND RALLE

Fachdidaktische Entwicklungsforschung 432

WOLFGANG ASCHAUER & MARTIN HOPF

Einführung elektrischer und magnetischer Felder in der Sek. II 435

JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM & HARTMUT WIESNER

Das Elektronengasmodell und Möglichkeiten seiner Visualisierung 438

CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Physikdidaktische Entwicklungsforschung am Beispiel Geometrische Optik 441

THOMAS ROßBEGALLE & BERND RALLE

Treibhauseffekt und Co. voneinander differenzieren lernen 444

THOMAS TOCZKOWSKI & BERND RALLE

Von der Komplexität einfacher Experimente - alte Stoplersteine neu beleuchtet 447

GERFRIED WIENER, SASCHA SCHMELING & MARTIN HOPF

Akzeptanzbefragung mit 12-Jährugen zum atomaren Aufbau der Materie 450

SEBASTIAN PETERS & MICHAEL KOMOREK

Lernmaterialien zur Einführung in die Bewegungsbeschreibung 453

NINA DUNKER

Berufsbezogene beliefs von Grundschullehrkräften zum Experimentieren 456

ANTJE HEINE & GESCHE POSPIECH

Wissenschaftstheoretische Vorstellungen Studierender über die Theoretische Physik 459

ANJA KIZIL & ULRICH KATTMANN

Experimentieren - Unterricht und Vorstellungen von Biologielehrkräften 462

MARIE-ANN MOWKA & JULIA MICHAELIS

Experimentierprozesse im Chemieunterricht - Lehrervorstellungen zum Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht – Analyse von Unterrichtsplanungen 465

STEPHANIE STRELOW & VOLKHARD NORDMEIER

Beliefs von Physik-Lehramtsstudierenden in der Studieneingangsphase 468

HANNE RAUTENSTRAUCH & MAIKE BUSKER

Möglichkeiten der (Fach-)Sprachstandserhebung bei Studienanfängern 471

MICHELE HOFFMANN & VOLKER WOEST

Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr?! Unterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende 474

JENS KLINGHAMMER, THORID RABE & OLAF KREY

Physikunterricht in Bildern: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden 477

THORID RABE & OLAF KREY

Schulexperimentepraktika in der Physiklehrerausbildung 480

HENNING KLÖS, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD

Entwicklung professioneller Handlungskompetenz im Praxissemester Physik 483

JANA-KATHARINA DRESSLER & JULIA MICHAELIS

Analyse der Lernprozesse von Chemielehramtsstudenten in der Praxisphase 486

STEFAN ANTHOFER & OLIVER TEPNER

Durchführung und Reflexion universitärer Schülertage im Fach Chemie 489

SUSAN FRIED, MARKUS ELSHOLZ & THOMAS TREFZGER

Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor - Die Anwendung physikdidaktischer Kompetenzen im Lehr-Lern-Labor 492

HELEN KROFTA, VOLKHARD NORDMEIER, MALTE BUCHHOLZ & CARSTEN SCHULTE

BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor: ein Projekt stellt sich vor 495

HOLGER TRÖGER, ELKE SUMFLETH & OLIVER TEPNER

er Umgang von Chemielehrkräften mit Fachsprache und Schülerfehlern 498

JOACHIM S. HAUPT & VOLKHARD NORDMEIER

Experimentierset für die Schule: Granulare Materie & Strukturbildung 501

THOMAS PLOTZ & MARTIN HOPF

Schülervorstellungen zu elektromagnetischer Strahlung 504

SARAH ARETZ, SASCHA SCHMELING & ANDREAS BOROWSKI

Internationale Voraussetzungen zum Urknall 507

JENS WILBERS & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT

Forschungsbasierte Entwicklung des Freiburger Einsteinlabors - Lernerperspektiven zu Raum und Zeit in der Relativitätstheorie 510

MATHIAS TRAUSCHKE & HARALD GROPENGIEßER

Exergie – nutzbare Energie für Lebewesen - Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen 513

SABRINA MILKE & ERICH STARAUSCHEK

Das Dritte Newtonsche Axiom: Schwierigkeiten bei der Testung? 516

KATRIN WEBER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH

Learning Progression im Basiskonzept „Chemische Reaktion“ 519

DAVID HADINEK, KNUT NEUMANN & SUSANNE WEßNIGK

Förderung eines integrierten Energieverständnisses in der Mittelstufe 522

ROSWITHA AVALOS ORTIZ & ILSE BARTOSCH

Urteilen und Entscheiden im Kontext Nachhaltigkeit im Rahmen von BLUKONE 525

PHILIPP SPITZER, FELIX OTTERBACH & MARTIN GRÖGER

Sauerstoffabsorber als alltagsnahes Thema für den Chemieunterricht 528

JENNIFER PETERSEN & KARIN STACHELSCHEID

Humor in der Gesundheitsförderung zum Sonnenschutzverhalten 531

INGO EILKS, SILVIJA MARKIC & BERND RALLE

Science Education Research and Education for Sustainable Development - 22. Sommersymposium zur Chemie- und Naturwissenschaftsdidaktik 534

MARLIES GAUCKLER, THERESA SCHULTE & CLAUS BOLTE

Aspekte naturwissenschaftlicher Bildung im europäischen Meinungsbild 537

CHRISTIAN SALINGA, HEIDRUN HEINKE, GABRIELE JONAS-AHREND, HEIKE THEYßEN, URSULA BAHR & ROGER ERB

MiLeNa – ein überregionales Programm zur MINT-Lehrernachwuchsförderung 540

FABIAN LEIß, RALF DETEMPLE & HEIDRUN HEINKE

Planspiel zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NAW) im Schülerlabor 543

ALEXANDER ENGL & BJÖRN RISCH

Chemie Pur - Unterrichten in der Natur 546

NICOLE GARNER, ANTJE SIOL & INGO EILKS

Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor - Erwartungen und Erfahrungen 549

YANNIK TOLSDORF, MORITZ KRAUSE & INGO EILKS

Eine Virtuelle Rundreise zu Betrieben der chemischen Industire in Nordwestdeutschland 552

JOHANNES HUWER, ROLF HEMPELMANN & ROLAND BRÜNKEN

Nachhaltigkeit und Chemie: Forschendes Experimentieren im Naturwissenschaftsunterricht der Klassen-stufe 5 – Eine Studie über Kognition und aktuelle Motivation 555

INGA KALLWEIT & INSA MELLE

Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen – Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen 558

SANDRA ANUS & INSA MELLE

Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht – Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden 561

MARIA FILMER & BERND RALLE

Entwicklung und Erforschung von Unterstützungsmaßnahmen zur Umsetzung selbstregulativer Ansätze im Chemieunterricht 564

MARCEL BULLINGER & ERICH STARAUSCHEK

Handlungsorientierung und Selbsterklärung in der Primarstufe 567

KATRIN SCHÜßLER, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH

Promptunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht 570

CHENOUGA ABDELMADJID, BENBETKA MAHDI & AHMED LATEF

Der Einfluss der Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse im Physikunterricht 573

CAROLA GROSSMANN & VOLKER WOEST

Unstrukturierte Lernhilfen – Erste Ergebnisse einer Längsschnittstudie 576

MARKUS PRECHTL

Zum Verständnis der chemischen Depilation 579

MARC-HEINRICH BUSSE, PHILIPP SPITZER & MARKUS PRECHTL

Gender@Mutproben 582

ROMINA VON ÖHSEN & HORST SCHECKER

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht: Praxiserfahrungen an Bremer Schulen 585

LISA KIMMIG, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & PATRIK VOGT

Welches Physikimage haben Schülerinnen einer Mädchenschule? 588

NINA SKORSETZ & MANUELA WELZEL-BREUER

Naturwissenschaftliche Lernumgebungen für Systematisierer und Empathisierer 591

BIANCA WATZKA & RAIMUND GIRWIDZ

Diagnostizieren und Individualisieren durch Operatoren und Präsentationsformate von Aufgaben 594

JULIA KOBBE & STEFAN RUMANN

Entwicklung eines Trainings der piktorialen Literalität zur Förderung der fachspezifischen Problemlösekompetenz 597

ANNA HASENKAMP, ANNA WINDT & STEFAN RUMANN

Entwicklung der Sachunterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften 600

SARAH RAU, ANNA WINDT & STEFAN RUMANN

Entwicklung von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung 603

HILDA SCHEUERMANN & MATHIAS ROPOHL

Fördert formatives Assessment prozessbezogene Kompetenzen? 606

CLAUS BOLTE, MICHAEL ALBERTUS, NINA BARTELS, MANJA ERB, MARLIES GAUCKLER, VINCENT SCHNEIDER, THERESA SCHULTE & SABINE STRELLER

Blick zurück nach vorn: PROFILES @ FU Berlin 609

MARTINA STRÜBE, OLIVER TEPNER & ELKE SUMFLETH

Lehrerprofessions- und Schülerwissen über Modelle und Experimente 612

VOLKER KEMMERER & FADIME KARABÖCEK

Warum experimentieren Physiklehrkräfte? Pilotierung eines Fragebogens 615

STEPHAN DOMSCHKE & MARTIN LINDNER

Professionswissen von Nawi-Lehrkräften zur Hypothesenbildung 618

ISABELLE KREMER, HENDRIK LOHSE-BOSSENZ & MONIKA ZIMMERMANN

Fortbildungsbegleitendes Coaching für Erzieher – Konzeption, Wirkungen 621

MAJA BRÜCKMANN, EVA KÖLBACH & SUSANNE METZGER

Durch Weiterbildung zum kompetenzorientierten Nawi-Unterricht 624

MARTIN ERIK HORN

Dirac-Operator und Lorentz-Operator im didaktischen Vergleich 627

MARIE-ANNETTE GEYER & GESCHE POSPIECH

Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe I - Darstellungen funktionaler Zusammenhänge 630

OLAF UHDEN, RICARDO KARAM & DIETMAR HÖTTECKE

Mathematik im Physikunterricht - Ein Entwicklungsprojekt 633

WIEBKE JANßEN & GESCHE POSPIECH

Versprachlichung von Formeln und physikalisches Formelverständnis 636

VINCENT SCHNEIDER, CLAUS BOLTE & BARBARA KRISCHER

‘Stages of Concerns‘ gegenüber sprachsensiblem naturwissenschaft¬lichen Fachunterricht 639

TIM RESCHKE, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH

Lernen mit fiktiven Geschichten im Fach Chemie 642

JOHANNA DITTMAR, DÖRTE OSTERSEHLT & INGO EILKS

TEMI –Teaching Enquiry with Myteries Incoporated 645

PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ

Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben 648

TIM STORCK & RAIMUND GIRWIDZ

Pulsoximetrie als Alltagskontext für entdeckendes Lernen 651

NICO SCHREIBER & HEIKE THEYßEN

Experimentelle Fähigkeiten unterstützt durch Schülerselbstbeurteilungen diagnostizieren? 654

JENNA KOENEN, SEBASTIAN HABIG & ELKE SUMFLETH

Experimentunterstützte Lösungsbeispiele und der Split-Attention-Effekt 657

SIMON CHRISTOPH, MARTIN SCHWICHOW & HENDRIK HÄRTIG

Hands-On versus Multiple-Choice Experimentiertests zu Variablenkontrollstrategien 660

MARTIN DICKMANN, BODO EICKHORST, HEIKE THEYßEN, HORST SCHECKER & KNUT NEUMANN

Testinstrument für experimentelle Kompetenz: Einfluss des Testformats auf konstruktbezogene Denkprozesse 663

NILS ROHDE, KATHRIN WINTERINK, MARIA OPFERMANN & STEFAN RUMANN

Blickbewegungen Studierender beim Betrachten von Fotografien chemischer Versuchsaufbauten 666

JOHANNES SCHULZ & BURKHARD PRIEMER

Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten – Ergebnisse einer Präpilotierung 669

STEPHAN PFEILER, BURKHARD PRIEMER & ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN

Der kritische Umgang mit Primär- und Sekundärdaten im naturwissenschaftlichen Unterricht 672

INES GERLING & RÜDIGER TIEMANN

Förderung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium 675

PETER HEINZE & VOLKER WOEST

Nawi-Unterricht und das Einheitsschulgesetz in Thüringen (1921-1924) 678

MORITZ KRAUSE, VERENA PIETZNER & INGO EILKS

Einstellungen und Selbstkonzept von angehenden Lehrkräften zur Nutzung von digitalen Medien im Chemieunterricht 681

MICHAEL WENZEL & THOMAS WILHELM

Neue Medien im Schülerlabor 684

NINA ULRICH, JULIANE RICHTER, KATHARINA SCHEITER & SASCHA SCHANZE

Digitale Schulbücher - Wichtige Merkmale der Text- und Bildgestaltung 687

ROUBA KHADDOOR, SIHAM AL-AMOUSH & INGO EILKS

Parallels and differences in Arab chemistry textbooks from different countries and teachers' view on chemistry education in Syria 690

LARS-JOCHEN THOMS, ANDREA LISA NAGEL & RAIMUND GIRWIDZ

QR-Codes zur Informationsbereitstellung in der universitären Lehre 693

MAREIKE BOLTEN & VERENA PIETZNER

Nutzung von Visualisierungen in Chemievorlesungen: ein Beispiel aus Japan 696

STEFAN RICHTBERG & RAIMUND GIRWIDZ

Digitale Lernumgebung zur Bewegung von Elektronen in E- und B-Feld 699

JIRKA MÜLLER, ANDREAS BOROWSKI & UTA MAGDANS

Smartphoneexperimente außerhalb des Klassenraums 702

LUTZ KASPER & PATRIK VOGT

Physics2Go! – Hausaufgaben mit Smartphones 705

KRISTINA HOCK

Geocaching mit Chemie am Campus 708

TOBIAS KLUG, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & PETER J. KLAR

Kontextorientierte Lernumgebung für Mediziner – eine Videostudie 711

Sascha Bernholt Geschäftsführer der GDCP

Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 15. bis zum 18. September 2014 an der Universität Bremen statt. Das Tagungsthema lautete:

Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Dieses Thema prägte insbesondere die vier Plenarbeiträge. Bernd Ralle (TU Dortmund) eröffnete den inhaltlichen Teil der Tagung mit einem Überblicksvortrag zum Thema „Sprachliche Heterogenität und fachdidaktische Forschung“. Am Tagungsdienstag folgte Ursula Kessels von der FU Berlin mit dem Titel „Zur Kompatibilität von Geschlechtsidentität, MINT-Fächern und schulischem Engagement: Warum wählen Mädchen seltener Physik und machen häufiger Abitur als Jungen?“. Detlef Urhahne von der Universität Passau referierte über die Bedeutung nicht-kognitiver Faktoren für naturwissenschaftliche Bildung und Karriere. Abgerundet wurde das Plenarvortragsprogramm durch den Beitrag von Rita Wodzinski (Universität Kassel) zum Thema "Leistungsheterogenität im naturwissenschaftlichen Unterricht – methodische Ansätze und empirische Befunde". Über die Plenarbeiträge hinaus trugen zahlreiche weitere Vorträge und Poster zum Tagungsthema bei.

Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Diese insgesamt 226 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Bremen im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.

Im Rückblick auf die hervorragend organisierte Tagung gilt mein herzlicher Dank den Organisatorinnen und Organisatoren, allen voran Horst Schecker, Silvija Markic, Christoph Kulgemeyer und Ingo Eilks. Unterstützt von zahlreichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern haben Sie maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls der Universität Bremen als gastgebende Institutionen sowie den Sponsoren der Tagung, die großzügig die Durchführung der Tagung unterstützt haben.

Ferner möchte ich Christina Deussing herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Kiel, im Februar 2015 SB

Ilka Parchmann
Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Sprecherin des Vorstands

Einleitung

„Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ – zu diesem Tagungsthema präsentierten, informierten und diskutierten fast 400 Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf der Jahrestagung 2014 in Bremen.
Dieses Tagungsthema war mutig gewählt, denn es greift einerseits eine sehr aktuelle Diskussion um das auch politisch gesetzte Thema Heterogenität und Inklusion auf, zu der es bisher für den naturwissenschaftlichen Unterricht wenig Befunde gibt. Es stellt andererseits aber auch eine seit vielen Jahrzehnten anerkannte und prägende Leitlinie für die Gestaltung von Unterricht dar, der die Voraussetzungen der Lernenden ernst nimmt. Auch zu Zeiten der Gründung der GDCP hätte man dem folgenden einleitenden Satz der Tagungsseite vermutlich schon zugestimmt: „Die Heterogenität der Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern stellt eine der größten Herausforderungen für die Gestaltung naturwissenschaftlicher Lernumgebungen dar“ – in der Tat!

Heterogenität und die politische Forderung nach Inklusion stellen in der alltäglichen Unterrichtspraxis Lehrkräfte wie auch Lernende vor vielfältige Herausforderungen, die nicht zuletzt aufgrund gegebener Bedingungen wie fehlenden ausgebildeten Betreuungspersonen auch zu Unmut, Überforderung und schlechten Lernbedingungen führen können. Umso beeindruckender waren die Beispiele aus der Praxis, die auf der Tagung in Bremen in einer eigenen Postersession vorgestellt wurden. Im Namen des Vorstands danke ich allen anwesenden Lehrkräften und Mitwirkenden herzlich für diese Einblicke, die nicht nur für die Praxis, sondern auch für die Forschung zahlreiche Ideen boten. Den derzeitigen Stand der Forschung zur Förderung von Jungen und Mädchen mit unterschiedlichen Voraussetzungen, Interessen und Möglichkeiten präsentierten wie üblich die vier Plenarvorträge (vgl. S. 4-42 in diesem Band); der Ansatz Heterogenität hat sich auch hier als Gewinn erwiesen, denn ein solches Thema kann und sollte natürlich nicht allein – aber auch – fachdidaktisch beleuchtet werden.

Trotz aller sicherlich berechtigten Forderungen nach Inklusion, Deutsch als Zweitsprache, Medientrainings und anderen Elementen, die aktuell in die Lehrerbildung implementiert werden, sollte dennoch eins nicht vergessen werden: Unterricht erfolgt in Fachstrukturen, und damit müssen angehende Lehrerinnen und Lehrer zunächst einmal fundiert in ihren Unterrichtsfächern gebildet sein. Der aktuelle Forschungsschwerpunkt der Professionsforschung, dem sich auch zahlreiche Arbeitsgruppen von GDCP-Mitgliedern widmen, trägt diesem Ziel Rechnung. Heterogenität stellt damit natürlich auch ein zentrales Element einer guten Lehrerbildung dar, meint hier aber weitaus mehr als in der derzeitigen bildungspolitischen Diskussion angesprochen. Es gilt, für möglichst alle Gruppen von Lernenden angemessene Möglichkeiten des fachlichen Lernens zu schaffen und Talente dabei ebenso zu erkennen und zu fördern wie Schülerinnen und Schüler mit anderen Förderbedarfen. Eine Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg und mit spezifisch auf verschiedene Förderbedarfe ausgerichteten Spezialisten bietet sicher bessere Chancen als der Versuch, immer mehr Inhalte in eine zeitlich begrenzte Lehrerausbildung zu integrieren – letzteres führt am Ende womöglich dazu, dass alle von allem ein bisschen, aber vielleicht nichts mehr richtig beherrschen. Wäre Umgang mit Heterogenität damit nicht auch eine sinnvolle Forderung für die Gestaltung von Lehrerbildung?

Die Jahrestagung in Bremen hat Vielfalt, aber auch Schwerpunkte der derzeitigen Ausrichtung der chemie- und physikdidaktischen Forschung gezeigt, die Professionsforschung und die Weiterentwicklung von Kompetenzmodellierungen in Anlehnung an den US-amerikanischen Trend der „Learning Progressions“ zählen dazu. Hier mag es mir erlaubt sein, einen aus meiner Sicht bedauerlichen Trend anzusprechen: Für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ist es natürlich von Interesse, die führenden Forscherinnen und Forscher auf einem aktuell bedeutsamen Themengebiet zu erleben. Aber Forschungsschwerpunkte entwickeln und ändern sich, böte da nicht gerade eine Jahrestagung wie die der GDCP auch eine gute Gelegenheit, einmal in andere Themenbereiche hinein zu schauen? Dies wird nach meiner Wahrnehmung nicht immer so genutzt, wie es möglich wäre.

Insgesamt hat aber auch die Tagung in Bremen wieder einmal gezeigt, welches ausgezeichnete Niveau die GDCP-Wissenschaftsgemeinschaft erreicht hat. Der Vorstand bedankt sich bei allen Teilnehmenden für die vielfältigen Anregungen, und bei der örtlichen Tagungsleitung und den vielen Mitarbeitenden für die hervorragende Organisation, die eine eindrucksvolle Tagungswoche nachhaltig geprägt hat!

Bernd Ralle TU Dortmund

Sprachliche Heterogenität und fachdidaktische Forschung

Einleitung

Den Hochschulen kommt im Rahmen ihrer Aufgaben in der Lehrerbildung eine besondere Verantwortung in der Schulung von Sprachförderkompetenzen ihrer Studierenden zu. Dies betrifft sowohl Förderkompetenzen für produktive (Schreiben, Sprechen) als auch rezeptive (Lesen, Hören) Sprachverarbeitungen. Es ist nicht übertrieben, wenn man heute konstatieren muss, dass sie dieser Verantwortung in den vergangenen Jahrzehnten nur ansatzweise nachgekommen sind. Wenn auch auf politischer Ebene inzwischen gute Ansätze auf den Weg gebracht worden sind (vergl. z. B. auf Bundesebene den „Nationalen Integrationsplan“, 2007; auf Landesebene verschiedene Empfehlungen, z. B. NRW, 1999, und Lehrerbildungsgesetze, z. B. NRW 2009), so fehlt es doch weitgehend an praktischen Umsetzungsstrategien im formalen Hochschulwesen (Winters-Ohle, Seipp & Ralle, 2012, S. 27ff.)
Dass dies kein ausschließliches nationales Problem darstellt, zeigt ein Zitat des britischen Sprachwissenschaftlers Bryant Fillon, das seiner Kommentierung des Projektes „Language accross the Curriculum“ entnommen ist. Dieses Projekt wurde in den 1960er und 1970er Jahren in Großbritannien durchgeführt, um insbesondere den ELL-Schülern (Englisch Language Learners) im Schulsystem gerecht zu werden:
Lip service has been paid for as long as we can remember to the proposition that „Every teacher is a teacher of English“ […] It is the very rare school or university where this is indeed the case. (Fillon, 1979)

Zwar haben sich die naturwissenschaftlichen und mathematischen Fachdidaktiken in den vergangenen Jahrzenten immer einmal wieder mit der sprachlichen Kommunikation und insbesondere mit ihren (Fach-)Sprachen auseinander gesetzt, allerdings haben sie es national und international versäumt, die Sprachbildung als eine ihrer zentralen Aufgaben anzunehmen; dies gilt insbesondere für den Bereich der Zweit- und Mehrsprachendidaktik und dies verstärkt angesichts zunehmender Heterogenität in unseren Klassenräumen.
Im Beitrag werden die Rolle und die Verantwortung der Fachdidaktiken für eine zeitgemäße Sprachbildung und Sprachförderung beleuchtet.

Ausgangslage

Die Entwicklung der Lesekompetenz 15-Jähriger deutscher Schüler/innen zeigt über die Jahre der PISA-Studien zwar eine positive Entwicklung (Abb. 1), dennoch ist der Anteil sehr leistungsschwacher Schüler/innen im Ländervergleich nach wie vor vergleichsweise hoch. Nach den PISA-Ergebnissen 2012 ist bezüglich dieser Kompetenz folgendes festzustellen:

- Bei der vorgenommenen Differenzierung der Lesekompetenz in sieben Stufen (Ia-VI) haben Schüler/innen, die in einer Lesekompetenzstufe unter III eingeordnet werden, voraussichtlich einen problematischen Bildungs- und Erwerbsverlauf vor sich.
- Ca. 14,5 % der Schüler/innen zeigen Leistungen entsprechend der untersten Kompetenzstufe Ia und darunter.
- Der größte Anteil der Schüler/innen ist in den Stufen II und III einzuordnen, allerdings streut die Leseleistung stark.
- Der Zusammenhang zwischen Lesekompetenz und Migrationshintergrund/sozialer Herkunft nach ist wie vor relevant.

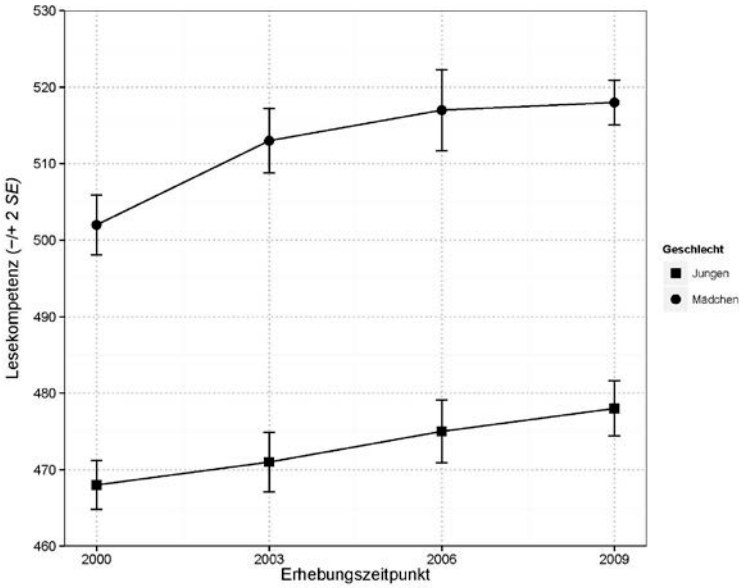


Abb. 1: Entwicklung der Leseleistungen für Mädchen und Jungen in Deutschland 2000 bis 2009 (Naumann et al., 2010)

Lesekompetenz stellt eine bedeutsame Grundlage für die aktive und erfolgreiche Teilhabe am schulischen und außerschulischen Bildungsangebot dar. Die Gesellschaft muss daher ein hohes Interesse daran haben, den Anteil von sehr leistungsschwachen Schüler/innen zu reduzieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass weder die soziale Lage noch die Verweildauer oder die familiale Sprachpraxis als solche primär verantwortlich sind für das schlechtere Abschneiden von Jugendlichen mit Migrationshintergrund. Vielmehr ist die Beherrschung der deutschen Sprache auf einem dem jeweiligen Bildungsgang angemessenen Niveau entscheidend. (Gogolin, 2010)

Erfassung sprachlicher Heterogenität

Der Begriff „Heterogenität“ weist bezüglich des Verständnisses und der Verwendung eine starke Komplexität auf.

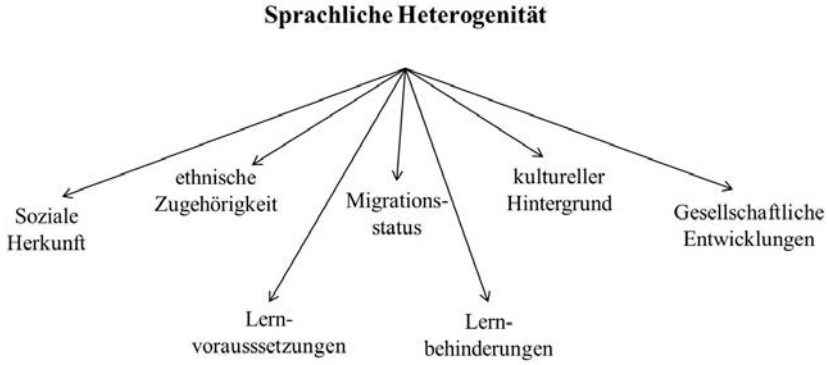


Abb. 2: Ursachen für sprachliche Heterogenität

Im allgemeinen Sprachgebrauch ist „Heterogenität“ daher sehr vieldeutig und wird oft mit Begriffen wie Vielfalt, Differenz, Verschiedenheit, Ungleichheit und Diversität synonym gesetzt. Sprachliche Heterogenität hat unterschiedliche Ursachen (Abb. 2). So ist die soziale Herkunft häufig mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen verknüpft. Beim Migrationsstatus ist zu unterscheiden, ob es sich um immersive oder submersive Bedingungen des sprachlichen Lernens handelt. Immersive Rahmenbedingungen liegen dann vor, wenn beim Lernen der Landessprache die L1 (Erstsprache) in Familie und Gesellschaft ausreichend gestärkt wird, z. B. bei der Unterrichtung englischsprachiger Kinder in Kanada in Französisch. Unter Submersion versteht man das Untertauchen in eine andere Sprache unter der Bedingung, dass die L1 in Familie und Gesellschaft nicht ausreichend hinsichtlich einer bildungssprachlichen Weiterentwicklung der Kinder und Jugendlichen gestärkt wird. Dies findet man häufig bei den Kindern von Arbeitsmigranten in Deutschland.
Aspekte allgemeiner gesellschaftlicher Veränderungen werden als Ursache für sprachliche Heterogenität bislang noch wenig von der sprachdidaktischen Forschung untersucht. So formuliert beispielsweise der Bildungsjournalist Markus Günther in einem Leitartikel der Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung am 11.5.14:
„Die Welt von morgen wird kaum noch Menschen brauchen, die lesen und schreiben können. Das Ende der Schriftkultur hat längst begonnen.“… „Wer seine Schrift nicht eintippen will, kann sie in den Computer oder das Smartphone reinsprechen. Lesen muss man die Niederschrift auch nicht mehr, man kann sie sich auf Tastendruck vorlesen lassen.“

Der Einfluss, den die digitalen Medien auf die laut- und schriftsprachlichen Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen entwickeln, ist erst wenig erforscht. Es ist auch weithin unbekannt, welche Bedeutung die Sprach- und Wortverkürzungen sowie Umdeutungen, wie sie sich aus der Verwendung von E-Mail, Chat und SMS in der Jugendsprache zunehmend herausbilden, für die Entwicklung der Bildungssprache haben, z. B. Formulierungen wie „4 ever: forever“, „T.M.H.A. : Treff mich heute Abend“, „8UNG: Achtung“ oder „PTMM: please tell me more“.

Warum die Schüler/innen eines Landes über diese Ursachen hinaus gute oder weniger gute Leistungen im Lesen erzielen, hängt zudem von einem positiven Zusammenhang zwischen Lesegewohnheiten, Leseinteresse und Lesekompetenz ab. Dieser ist in Deutschland wenig ausgeprägt. Der Anteil der Jugendlichen, die in PISA 2000 angaben, nicht zum Vergnügen zu lesen, war in Deutschland mit 42 Prozent besonders hoch. International sinkt die Rate der Schüler/innen stetig, die Lesen als Vergnügen betrachten, wobei die Jungen hierbei besonders schlecht abschneiden. Heute lesen weniger Schülerinnen und Schüler zum Vergnügen, obwohl tägliches Lesen zum Vergnügen mit besseren schulischen Leistungen und einer besseren Lesekompetenz bei Erwachsenen einhergeht (OECD, 2011). Maßnahmen zur Förderung von Lesekompetenz in Familie und Schule sollten daher bei der Lesemotivation ansetzen.
Ein noch stärkerer Zusammenhang besteht zwischen den Leistungen der Schüler/innen im Lesen und ihrem Wissen über effektive Lesestrategien. Auch hier bestehen gute Möglichkeiten für gezielte Förderung (Naumann et al., 2010, S. 64).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sprachliche Heterogenität zunehmend differenziertere Ursachen hat und nicht allein aus ethnischen und migrationsbedingten Zusammenhängen zu erklären ist. Dies ist ein Grund dafür, dass heute keine Trennung mehr vorgenommen wird zwischen einer durchgängigen Sprachbildung (Gogolin et al, 2010) aller Schüler/innen und einer darauf aufbauenden Sprachförderung, die an besonderen diagnostizierten Bedarfen orientiert ist. Eine strikte Trennung beider Bereiche oder gar eine Einengung auf DaZ-Fragestellungen wird als nicht sinnvoll angesehen.

Sprachliche Bildung wird heute als eine Aufgabe der Bildungsinstitutionen verstanden, die sich an alle Kinder und Jugendliche zu richten hat. Sie bezeichnet alle durch das Bildungssystem systematisch angeregten Sprachentwicklungsprozesse und ist allgemeine Aufgabe im Elementarbereich und des weiterführenden Unterrichts in allen Fächern. Zwar erfolgt sie alltagsintegriert, aber nicht beiläufig, sondern stellt ein gezieltes Element einer jeden Unterrichtsvorbereitung dar.
In Abgrenzung dazu bezeichnet man mit *Sprachförderung* Fördermaßnahmen, die sich gezielt insbesondere an Kinder und Jugendliche mit besonderen, diagnostisch ermittelten Schwierigkeiten oder Entwicklungsverzögerungen richten. Die Maßnahmen können in der Schule auf unterschiedliche Weise umgesetzt werden (BMBF, 2012, S. 14ff; Baumann & Becker-Mrotzek, 2013, S. 10).

Zur besseren Erfassung der Dimensionen sprachlicher Bildung im Fachunterricht der Schulen haben Vollmer und Thürmann (2010) einen Referenzrahmen erstellt, der fünf Handlungs-Dimensionen umfasst (Abb. 3).

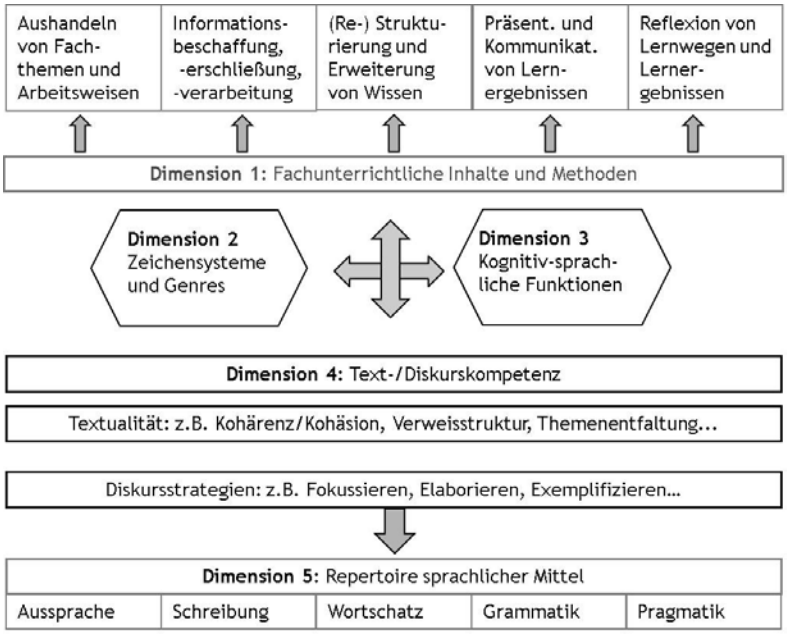


Abb. 3. Referenzrahmen zur Beschreibung der Schulsprache im Fachunterricht (Vollmer & Thürmann, 2010)

Der ersten Dimension (Fachunterrichtliche Inhalte und Methoden) werden in diesem Modell fünf verschiedene Felder fachunterrichtlichen Sprachhandelns zugeordnet. Die zweite Dimension bezieht sich auf die produktive und rezeptive Bearbeitung verschiedener Textsorten und bezieht auch Zeichensysteme (Bilder/Tabellen etc.) mit ein. Die dritte Dimension erfasst verschiedene Sprach- und Denkhandlungen wie Analysieren, Begründen, Hypothesen bilden etc. In der vierten Dimension geht es um die umfangreichen Bereiche der Text- und Diskurskompetenz. Die syntaktische Analyse zielt auf Kohäsions- und Kohärenzaspekte. Hierbei ist unter Kohäsion der linguistisch sichtbare Zusammenhang im Text zu verstehen, während Kohärenz im engeren kognitionspsychologischen Sinne eine Eigenschaft einer mentalen Repräsentation beschreibt und demzufolge beim Leser zu verorten ist (vgl. Kulgemeyer & Starauschek, 2014, S. 244).

Die fünfte Dimension schließlich fokussiert auf das Repertoire sprachlicher Mittel und umfasst sowohl lexikalische, grammatikalische als auch pragmatische Aspekte.

Mit diesem Rahmen ist eine konkrete Abbildung bildungssprachlicher Anforderungen und Abläufe für bestimmte Aufgaben, die sich im Fachunterricht stellen, entwickelt worden, die als Matrix sowohl für wissenschaftliche Fragestellungen der Forschung als auch für die Gestaltung von Unterricht dienen kann.

Welche Relevanz die Beachtung der verschiedenen Sprachebenen im Fachunterricht hat, zeigt das in Abbildung 4 dargestellte Beispiel, in dem die im Chemieunterricht auftauchenden Bedeutungsgehalte des Elementsymbols **H** (für Wasserstoff) dargestellt sind.

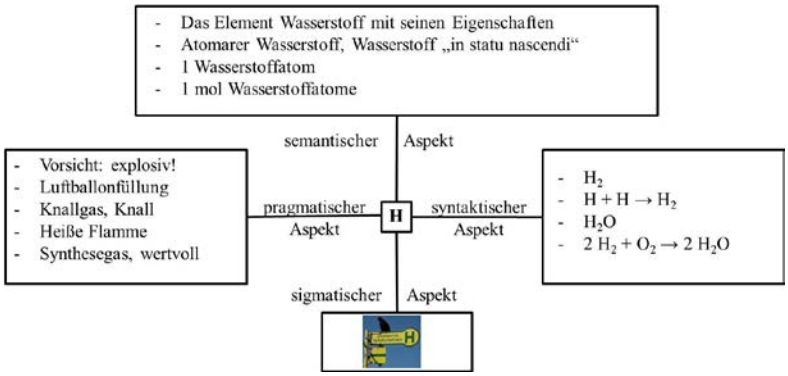


Abb. 4: Bedeutungsaspekte der Sprachebenen im Unterricht am Beispiel des Elementsymbols H für Wasserstoff (verändert nach Hallpapp et al., 2002)
(Der sigmatische Aspekt steht hier für den Ähnlichkeitsbezug vom Zeichen zum Dargestellten; der Buchstabe H wird in dem dargestellten Zusammenhang nicht mit dem Element Wasserstoff in Verbindung gebracht, sondern grenzt sich deutlich von diesem ab.)

Sprachbasierte fachdidaktische Forschungsfelder

Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken haben sich in den vergangenen Jahrzehnten bereits verschiedentlich mit schrift- und lautsprachlichen Handlungen im Unterricht forscherisch auseinander gesetzt. So hat Vollmer (1980) die Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht schon früh zu einem Forschungsgegenstand gemacht und die verschiedenen Ebenen der Begriffsbildung und Begriffsstrukturen analytisch beschrieben. Man kann aus heutiger Sicht bedauern, dass diese Forschungen in der damaligen Zeit nur wenig Resonanz gefunden haben. Pfundt (1975; 1981) hat in mehreren Aufsätzen ihre Forschungen zu den Analysen von Schüler/innenerklärungen und -vorstellungen chemischer Grundvorgänge beschrieben und dabei die Bedeutung der Sprache und den problematischen Übergang zur Fachsprachlichkeit herausgestellt.
In der Physikdidaktik hat sich Jung (1983) beispielsweise mit dem Zusammenhang von Sprache und Physiklernen beschäftigt und dazu intensive Untersuchungen im Mechanikunterricht angestellt. Merzyn (1987) hat bereits früh auf die hohe Dichte von Fachbegriffen in physikalischen Schulbuchtexten hingewiesen und deren problematische Konsequenzen für das Verstehen von physikalischen Konzepten aufgezeigt. Ähnliche Forschungen hat Graf (1998) für die Biologiedidaktik durchgeführt. Und schließlich sei Storck (1993) erwähnt, der die elementare Brückenfunktion der Sprache und der Fachsprache für das Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht hervorhebt.

Sucht man nach enger umrissenen fachdidaktischen Forschungsfeldern mit sprachlichem Bezug, so lassen sich aus Übersichtsbeiträgen und Reviews verschiedene Bereiche abgrenzen (vgl. Lee, 2005; August & Shanahan, 2006; Carlson, 2007; Markic, Broggy & Childs, 2013; Taskin & Bernholt, 2014). In diesem Rahmen können nur ausgewählte Beiträge zu den einzelnen, im Folgenden aufgeführten Feldern Erwähnung finden.

Alltagssprache - Fachsprache - Fachwissen

Der Übergang von der Alltagssprache hin zur fachlich geprägten Bildungssprache war und ist intensiv von den Fachdidaktiken bearbeitet und erforscht worden (z. B. Rincke, 2010; Härtig et al. 2012; Busch & Ralle, 2012). Es deutet sich an, dass Fachsprache sich - entgegen verbreiteter Annahmen - nicht genetisch und linear aus der Alltagssprache entwickelt.

Nitz, Nerdel & Prechtl (2012) untersuchten fachsprachliche Aspekte der Unterrichtsqualität an Schüler/inne/n, wobei neben verbalsprachlichen auch bildliche und symbolische Repräsentationen einbezogen wurden. Die Schüler/innen der einzelnen Klassen stimmten hinreichend in ihrem Urteil über den Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht überein. Die Schülerurteile wurden jedoch von der Klassenzugehörigkeit beeinflusst.

Prediger (2013) hat für den Mathematikunterricht ein Modell entwickelt, mit dem sie analysiert, auf welche Weise beim mathematischen Lehren und Lernen unterschiedliche Darstellungsformen und Register zusammen wirken können.

Aufgaben und (Fach-)Sprache

Die sprachliche Gestaltung von Aufgabenstellungen ist naturgemäß ein bedeutsames Forschungsthema der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken. So haben Kulgemeyer & Schecker (2007) anhand eines selbst entworfenen Strukturmodells zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Aufgaben untersucht, welche Veränderungen sich in naturwissenschaftlichen PISA-Aufgaben zwischen den Testdurchläufen verschiedener Jahre zeigen. Für die Durchführung des Vergleichs wurden bestehende Kriterien zur Beschreibung von Aufgaben genutzt und ergänzend Erkenntnisse kognitionspsychologischer Textverständlichkeitsforschung sowie Untersuchungen zur Verbesserung der Aufgabenkultur und der Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz einbezogen. Die Ergebnisse können für die Gestaltung von Aufgaben herangezogen werden, die PISA-Kriterien erfüllen sollen.

Franke-Braun (2008) beschreibt den Einsatz gestufter Lernhilfen zur Förderung der kommunikativen Bearbeitung von Aufgaben. Es zeigt sich, dass der Prozess des Wissenserwerbs in der Lerngruppe durch Kommunikation und die dadurch ausgelösten spezifischen Lernmechanismen dann gefördert werden, wenn die Lernenden in der Gruppe ihre Denkprozesse sichtbar machen und sprachlich ausformulieren.

Langer et al. (2008) dokumentieren eine Lehrerfortbildung, in der es um die Sensibilisierung von Lehrkräften für die sprachliche Basis des fachlichen Lernens ging. Dabei wird ein so genanntes Drei-Phasen-Modell verfolgt, bestehend aus (a) Wissensaktivierung, (b) Arbeit an Texten und (c) Texttransformation. Bei der Wissensaktivierung geht es um individuelles, assoziatives Schreiben, durch das die Schüler/innen in der Auseinandersetzung mit dem Thema motiviert und ihr Vorwissen aktiviert werden soll, dass sie in der Folge daran anknüpfen können. Die Ergebnisse des Projektes sind ermutigend, jedoch unter empirischen Gesichtspunkten noch nicht hinreichend belastbar.

Schmiemann (2011) geht in seiner Untersuchung der Frage nach, inwieweit Fachsprache bzw. Fachbegriffe die Schwierigkeit von biologischen Testaufgaben beeinflussen. In der Studie wurden Testaufgaben zu drei Konzepten der Biologie hinsichtlich der Verwendung von Fach- und Alltagsbegriffen variiert und mit Schüler/innen der Klasse 5 bis 10 getestet. Es zeigte sich bei allen zugrunde gelegten fachlichen Konzepten - allerdings in der Ausprägung abhängig vom jeweiligen Konzept -, dass Testaufgaben mit Fachbegriffen über alle

untersuchten Konzepte hinweg signifikant problematischer zu beantworten waren als solche, die mit entsprechenden Alltagsbegriffen versehen waren.

Fachbezogene linguistische Analysen

Auch der Einfluss von Aspekten der Textualität wie z. B. Kohärenz/Kohäsion, Verweisstruktur, Themenentfaltung usw. wurden vereinzelt in den Fachdidaktiken untersucht. So formulierte Apolin (2004) vier Texte zur speziellen Relativitätstheorie aus bestehenden Schulbüchern der 8. Klasse um, und zwar unter den Gesichtspunkten (a) Einfachheit, (b) Gliederung – Ordnung, (c) Kürze – Prägnanz und (d) anregende Zusätze. Die Texte wurden bei Schüler/innen der 6. bis 8. Klassen in einer Test- und einer Kontrollgruppe randomisiert eingesetzt. Es zeigte sich, dass es für das Textverständnis und für die Behaltensleistung entscheidend ist, in welcher Weise der Text geschrieben und wie er gegliedert ist.

Starauschek (2006) hat ebenfalls umfängliche linguistische Analysen mit dem Ziel durchgeführt, Erkenntnisse der Lehrbuchforschung zur Textentlastung theoretisch zu basieren, wobei er externe piktorale Repräsentationen als Variablen einbezog. Es zeigte sich am Beispiel eines Textes zur optischen Abbildung mit der Lochkamera, dass Texte mit gegenständlichen Bildern das Textverstehen unterstützen. Entgegen der Erwartung wiesen die Selbstauskünfte der Lernenden jedoch keine Unterschiede in der Einschätzung der Verständlichkeit der Texte mit einer unterschiedlich großen Ausprägung der lokalen substantivischen Textkohäsion auf.

Niederhaus (2011) konnte zeigen, dass sich Fachtexte aus zwei Fachkundebüchern der Berufsfelder Körperpflege und Elektrotechnik sich linguistisch signifikant unterscheiden. Die Autorin plädiert als Konsequenz ihrer Ergebnisse für eine enge Verzahnung von Fach- und Fachsprachenlernen.

Kommunikation im Fach

Die Qualität von Kommunikationsprozessen spielt für das fachliche und sprachliche Lernen eine herausragende Rolle (z. B. Lemke, 1990). So haben Sumfleth & Pitton (1998) zeigen können, dass das Erkennen von Schülervorstellungen aus Kommunikationsprozessen durch die Lehrkraft erst möglich wird, wenn der Redeanteil der Lernenden hinreichend groß ist. Ahlers et al. (2009) wiesen nach, dass der Redeanteil von Schüler/innen in einem kontextorientiertem Unterricht höher ist als in einem Vergleichsunterricht.

Mercer & Sams (2004) erforschten den Einfluss von Lehreraktivitäten in Kommunikationsprozessen von Grundschüler/inne/n im Mathematikunterricht und konnten zeigen, dass eine entsprechende Anleitung es den Schülern ermöglicht, die Sprache zum kommunikativen Lösen von mathematischen Problemen gezielt zu nutzen.

Lipowsky et al. (2007) berichten über die Ergebnisse einer Studie, die der Frage nachgeht, mit welchen Schüler/inne/n Lehrpersonen im Mathematikunterricht interagieren und kommunizieren und wie sich eine Über- oder Unterrepräsentation von einzelnen Schülerinnen und Schülern und von Schülergruppen auf die Leistungsentwicklung auswirkt. Über alle beteiligten Klassen hinweg zeigten sich höchst unterschiedliche Interaktions- und Aufrufmuster.

Die komplexen Kommunikationsprozesse, die im Chemieunterricht ablaufen können und die mit ihnen verbundenen Anforderungen, werden von Parchmann & Bernholt (2013) diskutiert. Kulgemeyer & Schecker (2013) haben ein Kompetenzmodell entwickelt, mit dem die Kommunikationsqualität im Physikunterricht empirisch erfasst werden kann. Aus den Ergebnissen werden Hinweise zur Förderung der Kommunikationskompetenz abgeleitet.

Schreiben im Fach

Die Rolle der schriftsprachlichen Kompetenzen für das fachliche Lernen wird von verschiedenen Autoren betont; sie kann nicht hoch genug eingeschätzt werden (z. B. Keys, 1994; 1999; Bergeler, 2007, Stephany et al., 2013, Schumacher & Roth, 2014). Aus den genannten

und weiteren Arbeiten geht hervor, dass die Forderung nach Verschriftlichung von Vorstellungen und Gedankengängen einen erheblichen Einfluss auf das Lernen von fachlichen Konzepten und auf die Behaltensleistungen hat. Bemerkenswert unter forschungsmethodologischer Perspektive ist die Herangehensweise von Keys, die zunächst (1994) kleinere qualitative Teaching-Experiments mit wenigen Schülern durchführte, um den Zugang zur Problematik einzugrenzen, um anschließend eine größere Untersuchung unter quantitativer empirischer Kontrolle folgen zu lassen (1997). Sie kann zeigen, auf welche Weise kooperatives Schreiben die Qualität der Darstellung naturwissenschaftlicher Konzepte fördern kann.

Fachdidaktische Forschung und migrationsbedingte Heterogenität

Die aufgeführten Beispiele und viele weitere Arbeiten zeigen auf, dass die naturwissenschaftlichen und mathematischen Fachdidaktiken sich seit vielen Jahren mit der sprachlichen Bedingtheit des fachlichen Lernens forscherisch auseinander gesetzt haben. Allerdings geschah und geschieht das weithin ohne direkte, unmittelbare Berücksichtigung von spezifischen Sprachförderbedarfen, wie sie in heterogen zusammengesetzten Lerngruppen in zunehmendem Maße vorliegen. Wenn z. B. Ergebnisse der Textentlastungsforschung dazu führen, dass Texte verständlicher werden, ist das zunächst einmal eine generelle Hilfe für alle Schüler/innen und damit häufig auch für die sprachlich Benachteiligten. Eine besondere Förderung spezieller Gruppen von Lernenden ist damit jedoch nicht gezielt angesteuert.
Im weiteren soll die Situation beleuchtet werden, wie sie sich darstellt, wenn die Lerngemeinschaft von Schüler/inne/n mit Migrationshintergrund geprägt ist und damit Elemente des Deutschen als Zweitsprache in den Blickpunkt fachdidaktischer Forschungen geraten. Dabei sollen sowohl aktuelle Fördermaßnahmen als auch weitere Desiderate betrachtet werden, wie sie von den Kolleg/inn/en der DaZ-Domäne an die Fachdidaktik herangetragen werden.

Befunde mit fachdidaktischer Relevanz

Dass diese Thematik derzeit eine zunehmende Bedeutung erlangt, lässt sich an verschiedenen Tagungsberichten und Sammel-Publikationen ablesen (z. B. Fenkart, Lembens & Erlacher-Zeitlinger, 2010; Ahrenholz, 2010; Winters-Ohle, Seipp & Ralle, 2012; Eilks, Markic, di Fuccia & Ralle, 2012, Röhner & Hövelbrinks, 2013).

In verschiedenen Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, wie Lehrkräfte an den Schulen die Herausforderung annehmen, Sprachförderung in ihren Fachunterricht zu integrieren (z. B. Becker-Mrotzek et al., 2012, Riebling 2012). Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass

- 10-30 % der Schüler/innen der befragten Lehrkräfte einen sprachlichen Förderbedarf haben,
- die Lehrkräfte insgesamt nur wenig Erfahrung mit Sprachstandsdiagnostik vorweisen,
- aus verschiedenen Gründen (Ausbildungsdefizite, Zeitmangel, fehlende Materialien etc.) nur eine geringe aktive Beteiligung an Sprachförderungsmaßnahmen zu erkennen ist und daher die individuell vorgenommenen Maßnahmen häufig ungerichtet und wenig systematisch erfolgen,
- Sprachförderung - auch in nicht-sprachlichen Fächern - als sinnvoll angesehen wird,
- wegen der derzeit gering ausgebildeten Kompetenzen der Wunsch und die Forderung nach Lehreraus- und Fortbildung in Sprachförderung /DaZ gewünscht wird.

Eine Übersicht über die universitäre Lehrerausbildung in Deutsch als Zweitsprache zeigt große Unterschiede zwischen den Ländern (Bauman & Becker-Mrotzek, 2013). An manchen Standorten gibt es sowohl verpflichtende als auch freiwillige Studienanteile, in anderen nur freiwillige. Grundsätzlich hat diese Untersuchung aufgezeigt, dass Hochschulen entspre-

chende Ausbildungsinhalte im Bereich DaZ lediglich dann in die eigenen Studienordnungen aufnehmen, wenn klare Vorgaben der Länder vorhanden sind. So sind Bayern und Nordrhein-Westfalen derzeit die einzigen Länder, in denen die Gesetzestexte konkrete Zahlen bez. des Umfanges der Lehre enthalten, an die sich die Universitäten orientieren müssen.

Folgende fachdidaktisch relevante Befunde lassen sich hinsichtlich einer Förderung in Deutsch als Zweitsprache identifizieren:

- So ist eine Förderung in der Bildungssprache (*Academic Language*) des Einwanderungslandes entscheidend für den Schul- und Bildungserfolg in allen Fächern (Cummings, 2010).
- Als problematisch ist anzusehen, dass Sprachkompetenz in der Regel in allen Fächern erwartet wird (Röhner, 2013, S. 9), obwohl der Fachunterricht in der Regel nicht sprachsensibel ausgerichtet ist. Somit werden oft Sprachkompetenzen in die Leistungsbeurteilung einbezogen, ohne dass diese geschult werden. Es fehlen zudem weithin diagnostische Kompetenzen und entsprechende Einstellungen zu dem Thema Sprachförderung (Rösch, 2013, Beese & Benholz, 2013).
- Neben additiven Ansätzen der Sprachförderung (Sprachkurse, Theaterprojekte Schreib- und Lesewerkstätten etc.) erhält die integrative Sprachbildung als Ansatz der Durchgängigen Sprachbildung seit Beginn des Jahrtausends eine zunehmende Bedeutung im Rahmen eines sprachsensiblen Fachunterrichts oder auch des bilingualen Sach-Fachunterrichts (Stoddard, et al., 2002; Rösch, 2013; Beese & Benholz, 2013).
- Zwischen 1970 und 1980 setzte sich international die Überzeugung durch, dass der Einbezug der Muttersprache für das fachliche Lernen von großer Bedeutung ist (Lambert, 1977; Rehbein, 2012).
- Die empirische Erforschung von geeigneten und effizienten Sprachfördermaßnahmen stellt eine besondere Herausforderung dar, da es in heterogenen Lerngruppen häufig sehr problematisch ist, eine adäquate Vergleichsgruppe aufzustellen, die von den vorgesehenen Maßnahmen noch unberührt ist (August & Hakuta, 1997, S. 150).

Insgesamt muss konstatiert werden, dass das Forschungsfeld auf diesem Gebiet unter fachdidaktischer Perspektive noch recht brach liegt (Lee 2005; Ahrenholz, 2010; Beese & Benholz 2013). Desiderate bestehen insbesondere in fachlichen Perspektiven auf spezifische Erwerbsstrategien von DaZ-Lernern im Übergang von der Bildungssprache zur Fachsprache. Hier sind Fachdidaktiken gefragt, da die Aufgaben nicht an eine allgemeine Sprachförderung delegiert werden können (Ahrenholz, 2010). Auch fehlen Wirksamkeitsstudien zu Unterstützungsmaßnahmen für fachspezifische Sprachhandlungen wie Benennen, Beschreiben, Erklären, Argumentieren etc.

Fachdidaktische Interventionen in heterogenen Lerngruppen

Die fachbezogene, empirisch basierte Forschung auf dem Gebiet der Sprachbildung und Sprachförderung in sprachlich heterogenen Lerngruppen ist aktuell noch nicht sehr ausgeprägt. Dies mag an der oben angeführten spezifischen Situation einer problematischen Vergleichsgruppengewinnung liegen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass bislang auch aus explorativen Ansätzen ebenfalls nur wenige empirisch belastbare Informationen zum Umgang mit den Herausforderungen des fachlichen und sprachlichen Lehrens und Lernens vorliegen.

Methodisch haben sich in Fallstudien *Scaffolding*-Instrumente bewährt (Gibbons, 2002). Eine Variante davon ist das so genannte *Sheltered Instruction Observation Protocol* (SIOP) (Vogt, 2010), was durch acht explizit ausgewiesene Komponenten gekennzeichnet ist (Vorbereitung, Aufbau von Hintergrundwissen, verständlicher Input, Strategien, Interaktion,

Anwendung, Umsetzung der Stunde), unter denen sich einzelne Festlegungen zur Kombination des fachlichen und sprachlichen Lernens unter Berücksichtigung der jeweiligen Klassensituation finden (z. B. Abb. 5).

Protokollteil	**Sprachliche Handlung**	**Sprachliche Mittel**
Frage / Thema	*Fragen* Formulierung einer Wissenslücke/ eines Erkenntnisinteresses	*Fragewörter* Was geschieht, wenn…?
Materialien und Geräte	*Benennen*	*Fachnomen* Aufzählung/Liste
Durchführung	*Beschreiben* Aktion erfordert temporäre Gliederung	*Fachverben* des experimentellen Handelns, unpersönliche Konstruktionen/Passivkonstruktionen *temporale Ausdrücke* (zuerst, dann, danach, zum Schluss); Präsens
Beobachtung	*Beschreiben* von Wahrnehmungen	*Adjektive* zur qualitativen Beschreibung von Sinneseindrücken/physikalisch-chemischen Eigenschaften; Nebensätze (temporal, konditional, konsekutiv)
Deutung/ Erklärung/ Auswertung	*Erklären*	*Kausalausdrucke* (weil, wegen,…); Konditionale und kausale Nebensätze; Sprachliche Anknüpfung an die Beobachtung Sprachliche Anknüpfung an die Frage

Abb. 5. Beispiel einer Scaffolding-Maßnahme für die Unterrichtsvorbereitung einer Lehrkraft: Sprachliche Unterstützung bei der Anfertigung eines Versuchsprotokolls (verändert nach Agel et al., 2010) .

Förderung mit muttersprachlichen Hilfen

Scaffolding wurde verschiedentlich zur Sprachförderung mit muttersprachlichen Hilfen eingesetzt, allerdings sind die Erfolge sehr begrenzt. So fand Harnisch (1991) bei Unterrichtsbeobachtungen in einer 3. Klasse, dass Kinder etliche Begriffe, die ihnen in zwei Sprachen zur Verfügung gestellt wurden, weder in der Erst- noch in der Zeitsprache nutzen konnten. Ähnliche Erfahrungen mit der doppelten Halbsprachigkeit machten Wlotzka & Ralle (2008) im Rahmen einer Fallstudie in einer mehrheitlich mit italienischen Schülern besetzten Lerngruppe eines 8. Jahrganges. Die Untersuchungen zeigen insgesamt, dass trotz einer sprachlichen Analyse der einzelnen Aufgaben (z. B. Experimente) und der Entlastung komplexer sprachlicher Strukturen in den Arbeitsblättern die integrierten muttersprachlichen Hilfen nur dann einen Mehrwert darstellen, wenn die dort verwendeten Begriffe im Rahmen eines muttersprachlichen Begleitunterrichts systematisch bildungssprachlich eingeführt werden (Scheuer, Kleffken, & Ahlborn-Gockel, 2010).

Ausgewählte Interventionen

Die zur Sprachförderung in heterogenen Lerngruppen durchgeführten Maßnahmen zeigen eine große Bandbreite, sie reichen von einem einfachen explorativen Vorgehen mit qualitativer Evaluation bis hin zu (wenigen) kontrollierten empirischen Vorhaben.

So ist die Anwendung von Satzbausteinen, Konnektiven oder Sprachroutinen in definierten Schreibanlässen eine häufig verwendete Methode der Sprachförderung. Patterson (2001) führte eine Fallstudie mit zwölf Schüler/inne/n zur diagnostischen Abgrenzung fachlicher und sprachlicher Defizite in der Sprachhandlung „Erklären" durch. Den Schüler/inne/n wurde Sprachmaterial in Form von Konnektiven zur Verfügung gestellt, die sie in ihren schriftlichen Ausarbeitungen nutzten. Dies führte zu einem deutlich höheren Anteil an sachbezogenen Erklärungen. Der Autor schließt daraus, dass die Defizite nicht im Fachwissen, sondern in den Sprachkompetenzen liegen.

Bulgren et al. (2002) setzten in ihrer Untersuchung ebenfalls Routinen sprachlicher Muster für einen bestimmten Operator (Vergleichen) ein und fanden signifikante Verbesserungen in der Erinnerung und in der Kommunikation im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Sprachhilfen.

Bolte & Pastille (2010) entwickelten ausgehend von den Ergebnissen eines naturwissenschaftlichen und alltagsbezogenen Lesekompetenztests auf der Basis von entwickelten Aufgaben Unterlagen für sprachaktivierenden Unterricht sowie Anregungen zur Förderung sprachlich und fachlichen Lehrens und Lernens, während Markic (2014) im Rahmen ihrer Arbeit mit einer Aktionsforschungsgruppe erfolgreich mit dem Einsatz von Comics im sprachsensiblen Unterricht experimentierte.

Brown & Ryoo (2008) machten in einer Vergleichsgruppen-Fallstudie mit je 25 Schüler/inne/n und dem Einsatz einer Lernsoftware im Biologieunterricht positive Erfahrungen mit einer zunächst alltagssprachigen Einführung in die Lerngegenstände, gefolgt von einer durch Scaffolding unterstützten fachsprachlichen Erweiterung. Es zeigten sich sowohl was die alltagssprachliche als auch die fachsprachliche Wiedergabe der Lernergebnisse angeht bessere Ergebnisse in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, die direkt fachsprachlich ins Thema eingeführt wurde.

Agel, Beese & Krämer (2010) schildern die Konzeption, Durchführung und Evaluation eines Programms zur Sprachförderung in den Naturwissenschaften an einer Gesamtschule im Duisburger Norden. Auf der Basis von Schülerexperimenten wurde in einem Kurs für sprachlich schwache Schüler gezielt schulische naturwissenschaftliche Fachsprache mithilfe verschiedener Scaffolging-Maßnahmen gefördert. Trotz der anfänglich großen Sprachdefizite erreichten die Schüler am Ende des Kurses im geförderten Bereich den Klassendurchschnitt, in einigen Bereichen lagen sie sogar darüber.

Özcan (2013) führte erstmals eine Vergleichsgruppenuntersuchung mit mehr als 300 Schüler/inne/n durch, in der die Wirkung einer chemiebezogenen Sprachförderung sowohl auf die Chemieleistung als auch auf die Leistung in der Fachsprache und der Unterrichtssprache geprüft wurde. Die Zusammenhangsanalysen geben Hinweise darauf, dass die fachsprachlichen und die fachwissenschaftlichen Kompetenzen in einer direkten Beziehung stehen.

Materialien für den sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterricht

Mittlerweile beschäftigt sich eine Reihe größerer und kleinerer Projekte sowie Autoren mit der Erstellung und Prüfung von Materialien für den sprachsensiblen Fachunterricht (z. B. FörMig, ProDaZ, Tajmel & Starl, 2009; Leisen, 2010 u.v.a.m.). Dort finden interessierte Lehrkräfte Best-Practice-Beispiele, Handreichungen, Diagnoseinstrumente und andere Hilfestellungen für ihren Unterricht. Auf diese oder ähnliche Materialien greifen nicht nur Lehrer und Lehrerinnen zurück.

Die ausgearbeiteten Beispiele und Hilfen sind auch für die fachdidaktische Lehre außerordentlich hilfreich und können nicht zuletzt auch in der Forschung ihren Dienst entfalten, wenngleich nicht alle der Empfehlungen bislang empirisch überprüft worden sind.

Fazit und Ausblick

Fachliches und sprachliches Lernen gehören untrennbar zusammen und müssen in allen Bereichen der Lehrerbildung ihren Niederschlag finden, damit sie am Ende in der schulischen Praxis als fruchtbare Symbiose wirksam werden können. Sprachbildung und Sprachförderung begrenzen sich nicht allein auf Kinder mit Migrationshintergrund, sondern betreffen die Breite der Schülerschaft. Die Maßnahmen sollten gezielt in die universitären und schulischen Curricula integriert werden. Für die lehrerbildenden Universitäten bedeutet das, dass dieses Thema insbesondere in der fachdidaktischen Ausbildung ihren Niederschlag finden muss. Auch Studierende sind sich ihrer (begrenzten) schriftsprachlichen und lautsprachlichen Kompetenzen nicht immer bewusst. Ausgehend von der Erkenntnis, dass effektives Lernen an der eigenen Betroffenheit ansetzen muss, scheint eine Vorgehensweise sinnvoll, wie sie in Abbildung 6 dargestellt ist.

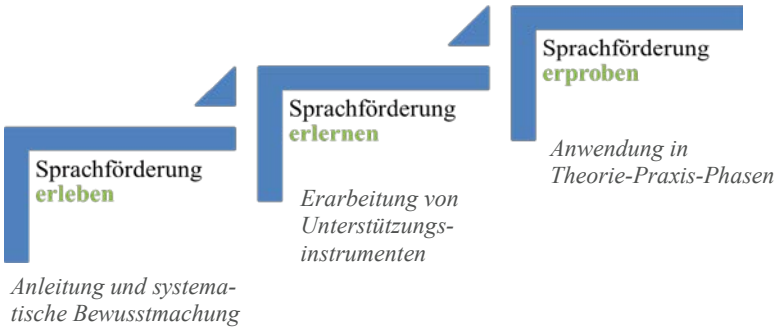


Abb: 6. Empfohlene Abfolge der Entwicklung von Sprachförder-Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung

Neben dieser hochschuldidaktischen Herausforderung sollten sich die Fachdidaktiken in ihren Forschungen zum sprachlichen und fachlichen Lernen in ihren Fächern u. a. den folgenden Fragen zuwenden:

- Wie viel Sprachlichkeit im Fachunterricht ist sinnvoll?
- Wie sind die geforderten Sprachhandlungen im rezeptiven und produktiven Bereich fachbezogen zu konkretisieren?
- Wie belastbar sind die empfohlenen Best-Practice-Empfehlungen?
- Wie sind unterschiedliche kulturelle Sichtweisen auf das fachliche und sprachliche Lernen in den MINT-Fächern zu bewerten?
- Wie sind effiziente Lehrerfortbildungen in der fachbezogenen Sprachbildung zu gestalten?

Literatur

Agel, Ch.; Beese, M. & Krämer, S.. (2010). Naturwissenschaftliche Sprachförderung – Ergebnisse einer empirischen Studie. MNU 65/1, 36–44

Ahlers, T, Oberst, T. & Nentwig, P. (2009). Redeanteile von Lehrern und Schülern im Chemieunterricht nach ChiK, ZfDN; 15/ 2009, 331-342

Apolin, M. (2004). Sprache im Physikunterricht. Plus Lucis , 1/2004. http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/041/s15.pdf [08.10.2014]

August, D. & Shanahan, T. (2006). Developing Literacy in Second-Language Learners: Report of the National Literacy Panel on Language-Minority Children and Youth. Lawrence Erlbaum Associates

August, D. & Hakuta, K. (Ed.)(1997) . Committee on Developing a Research Agenda on the Education of Limited English Proficient and Bilingual Students, National Research Council and Institute of Medicine. http://www.nap.edu/catalog/5286.html [29.09.14]

Baumann, B. & Becker-Mrotzek, M. (2013). Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache an deutschen Schulen: Was leistet die Lehrerbildung? Mercator-Institut für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache, Köln

Becker-Mrotzek, M.; Hentschel, B.; Hippmann, K. & Linnemann, M. (2012). Sprachförderung in deutschen Schulen – die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer, Mercator-Institut für Sprachförderung und Deutsch als Zweitsprache, Köln

Beese, M. & Benholz, C. (2013). Sprachförderung im Fachunterricht – Voraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In: Ch. Röhner & B. Hövelbrinks. (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache – Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen., S. 37-57, Weinheim: Beltz Juventa

Bergeler, E. (2007). Schreiben als Lernmethode im Physikunterricht, Pro Lucis 3/2007, 16-19

BMBF (2012). BiSS-Expertise Bildung durch Sprache und Schrift. http://www.bmbf.de/pubRD/BISS_Expertise.pdf [08.10.2014}

Bolte, C. & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen, Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: G. Fenkart, A. Lemens, E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.): Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Innsbruck: Studienverlag., 26-46

Brown, B. & Ryoo, K. (2008). Teaching Science as a Language: A „Content first Approach to Science Teaching. Journal of Research in Science Teaching, 45/5, 529-533

Bulgren, J. A., Lenz, B. K., Schumaker, J. B., Deshler, D. D., & Marquis, J. G. (2002). The use and effectiveness of a comparison routine in diverse secondary content classrooms. Journal of Educational Psychology, 94/2, 356

Carlson, W. S. (2007) Language and Science Learning. In: S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds). Handbook of Research in Science Education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Cummings, J. (2010). Language Support for Pupils from Families with Migration Backgrounds: Challenging Monolingual Instructional Assumptions. In. C. Benholz, G. Kniffka & E. Winters-Ohle (Hrsg.). Fachliche und sprachliche Förderung von Schülern mit Migrationsgeschichte. Beiträge des Mercator-Symposiums im Rahmen des 15. AILA-Weltkongresses 2008. Münster: Waxmann

Fenkart, G., Lembens, A. & Erlacher-Zeitlinger, E. (Hrsg.) (2010). Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften, Wien: Studienverlag

Fillon B. (1979). Language across the Curriculum. McGill Journal of Education, Vol 14, No 001 (1979), pp. 47-60 (http://mje.mcgill.ca/index.php/MJE/article/viewArticle/7253 [26.09.14]

FörMig (2014). Materialien zur Sprachförderung. http://www.foermig.uni-hamburg.de/web/de/all/home/index.html [10.10.14]

Franke-Braun, G. (2008). Sprache und Verständnis - Schülerkommunikation bei der Bearbeitung von Aufgaben**,** Unterricht Chemie 19/2008 Nr. 106/107, 25-29

Gibbons, P., 2002. Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom, Portsmouth, NH: Heinemann

Gogolin, I. (2004). Zum Problem der Entwicklung von „Literalität“ durch Schule. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 7.Jg., Beiheft 3/2004, 101-111

Gogolin, I.; Lange, I.; Hawighorst, B.; Bainski, Ch.; Heintze, A.; Rutten, S. & Saalmann, W. (2010). Durchgängige Sprachbildung: Qualitätsmerkmale für den Unterricht. http://www.blk-foermig.uni-hamburg.de/web/de/all/mat/hand/index.html [08.10. 2014]

Graf. D. (1998). Begriffslernen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I - Empirische Untersuchungen und Häufigkeitsanalysen. Diss. Universität Gießen

Harnisch, U. (1991) Zur Begriffsentwicklung in zwei Sprachen. In: H. Barkowski & G. R. Hoff (Hrsg.) Berlin–interkulturell. Ergebnisse einer Berliner Konferenz zu Migration und Pädagogik. Berlin: Colloquium Verlag, 109-120

Jung, W. (1983). Sprache und Physiklernen. Zur Beschreibung von Bewegung. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 10, 335-339

Hallpap, P., Klein, O. & Lux, F. (2002): Die Fachsprache im Chemieunterricht. In P. Pfeifer et al. (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie, Neubearbeitung, 3. Auflage (S.73-89). München: Oldenbourg Verlag

Keys, C.W. (1994). The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: An interpretive study of six nine-grade students. Journal of Research in Science Teaching, 31, 1003-1022

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, 1065-1084

Kulgemeyer, Ch. & Schecker, H. (2007). PISA 2000 bis 2006 – Ein Vergleich anhand eines Strukturmodells für naturwissenschaftliche Aufgaben. ZfDN; Jg. 13, 2007, 199-220

Kulgemeyer, Chr. & Schecker, H. (2013). Schülerinnen und Schüler erklären Physik – Modellierung, Diagnostik und Förderung von Kommunikationskompetenz. In: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer. Sprache im Fach – Sprachliches und fachliches Lernen. Münster: Waxmann, 226-240

Kulgemeyer, Chr. & Starauschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, S. 241-256..Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum

Lambert, W. E. (1977). The effects of bilingualism on the individual: Cognitive and sociocultural consequences. In P. S. Hornby (Ed.),Bilingualism: Psychological, social, and educational implicntions, (pp.15-27). NewYork: Academic Press

Langer, E., Helten-Pacher, M. R., Lasselsberger, A., & Gymnasium, A. M. (2008) Sprachsensibilisierung im deutschsprachigen Sachfachunterricht. The European High School. https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/e/ef/932_Langfassung_Langer.pdf. [10.10.14]

Lee. O. (2005). Science Education With English Language Learners: Synthesis and Research Agenda, Review of Educational Research, Vol. 75, No. 4, pp. 491–530

J. Leisen (2010). Handbuch Sprachförderung im Fach.. Bonn: Varus

Lemke, J.L. (1990). Talking Science: Language, Learning, and Values. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, Ch., Reusser, K. & Klieme, E. (2007). Gleicher Unterricht - gleiche Chancen für alle? Die Verteilung von Schülerbeiträgen im Klassenunterricht. Unterrichtswissenschaft 35/2, S. 125-147

Markic,S. Broggy J. & Childs, P. (2013). How to deal with linguistic issues in Chemistry classes. In: I. Eilks and A. Hofstein (eds.). Teaching Chemistry – A Studybook, 127–152, Sense Publishers. Mahwah, NJ:

Markic, S. (2014). Comics in Language sensitive Science Lessons. ESERA E-Book

Eilks, I., Markic, S., di Fuccia, D. & Ralle, B (Ed.)(2012). Issues of Heterogeneity and Cultural Diversity in Science Education and Science Education Research. Aachen: Shaker Verlag

Mercer, N. & Sams, C. (2008). Teaching Children How to Use Language to Solve Maths Problems. Language and Education, http://dx.doi.org/10.2167/le678.0 [08.10.2014]

Merzyn, G. (1987). The Language of School Science. Int.J.Sc. Ed., 9/4, 483-498

Nationaler Integrationsplan der Bundesrepublik Deutschland (2007). www.Nationaler-Integrationsplan.de (Zugriff: 26.09.14)

Naumann, J.; Artelt, C.; Schneider,W.; Stanat, P. (2010).Lesekompetenz von PISA 2000 bis PISA 2009. In: E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider & P. Stanat, Petra [Hrsg.]: PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt. Münster : Waxmann 2010, 54

Niederhaus, C. (2011). Die Komplexität von Fachtexten verschiedener Berufsfelder– Eine korpuslinguistische Untersuchung des Fachsprachlichkeitsgrades von Lehrbuchtexten der Berufsfelder Körperpflege und Elektrotechnik. Migration als Chance. Ein Beitrag der beruflichen Bildung, S. 209-224). Bielefeld: W. Bertelsmann

NRW (1999). Förderung der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern – Empfehlungen. Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW

NRW (2009). Lehrerausbildungsgesetz (LABG) vom 12.05.2009 http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/LAusbildung/LABG/LABGNeu.pdf

OECD (2011). Lesen Schülerinnen und Schüler heute zum Vergnügen? PISA IM FOKUS 2011/8

Özcan, N. (2013). Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie- Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht. Dissertation Universität Duisburg/Essen

Parchmann, I. & Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren – Chancen und Herausforderungen von Kommunikationsprozessen im Chemieunterricht, In: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer. Sprache im Fach – Sprachliches und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.

Patterson, E. W. (2001). Structuring the composition process in scientific writing. Int.J.Sc. Ed. 23, 1-6

Pfundt, H. (1975). Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 28, 157-162.

Pfundt, H. (1981). Das Atom - letztes Teilstück oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. chemica didactica, 7, 75-94.

Prediger, S. (2013). Darstellung, Register und mentale Konstruktion von Bedeutungen und Beziehungen – mathematikspezifische sprachliche Herausforderungen identifizieren und bearbeiten. in: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer. Sprache im Fach – Sprachliches und fachliches Lernen. Waxmann, 167-183.

ProDaZ(2014). Materialien zur Sprachförderung. https://www.uni-due.de/prodaz/ [10.10.14]

Rehbein, J. (2012) Mehrsprachige Erziehung heute – Für eine zeitgemäße Erweiterung des „Memorandums zum Muttersprachlichen Unterricht in der Bundesrepublik Deutschland“ von 1985. In: E. Winters-Ohle, B. Seipp & B. Ralle (Hrsg.) (2012). Lehrer für Schüler mit Migrationsgeschichte – Sprachliche Kompetenz im Kontext internationaler Konzepte der Lehrerbildung. S. 66-92. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.

Riebling, L. (2013). Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität. Münster: Waxmann.

Röhner, Ch. (2013). Zweisprachiche Förderung, Mehrsprachigkeit und inklusive sprachliche Bildung. In: Ch. Röhner & B. Hövelbrinks. (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache – Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Weinheim: Beltz Juventa.

Röhner, Ch. & Hövelbrinks, B. (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache – Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen.Weinheim: Beltz Juventa.

Rösch, H. (2013). Integrative Sprachbildung im Bereich Deutsch als Zweitsprache. In: Ch. Röhner & B. Hövelbrinks. (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache – Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen.,18-36. Weinheim: Beltz Juventa

Scheuer, R., Kleffken, B., & Ahlborn-Gockel, S. (2010). Sprachliche Bildung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. in.: H. Giest & D. Pech.(Hrsg.): Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht (= Jahresband der GSDU). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 169-179

Schmiemann, P. (2011). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. ZfDN, 11, 115-136

Schumacher, S. & Roth, J. (2014). Darstellungskompetenz – Ein Schlüssel zum forschenden Lernen?! In: J. Roth & J. Ames (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht, 1123–1126. Münster: WTM-Verlag.

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. ZfDN, 12, 127-157

Stephany, S., Linnemann, M., & Becker-Mrotzek, M. (2013). Schreiben als Mittel des mathematischen Lernens. in: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer. Sprache im Fach – Sprachliches und fachliches Lernen, 203-222. Münster: Waxmann

Stoddart et al. (2002). Integrating Inquiry Science and Language Development for English Language Learners. J. Res.Sc.Teaching 39/8, 683

Storck, H. (1993). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: R. Duit; W. Gräber (Hrsg.). Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. Kiel: IPN, 63-86

Sumfleth, E.; Pitton A. (1998): Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht - Schülervorstellungen und ihre Bedeutungen im Unterrichtsalltag. In: Bayrhuber, H. et al. (Hgg.): ZfDN, 4/2,. 4-20

Taskin, V. a & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. Int.J. Sc.Ed. 36/1, 2014, 157-185

.Tajmel, T. & K. Starl (Hrsg.) (2009). Science Education Unlimited. Approaches to Equal Opportunities in Learning Science. Münster: Waxmann

Vogt, M. E. (2010). Making content comprehensible für English Learners in the Mainstream Classroom: The SIOP-Modell. In: C. Benholz, G. Kniffka & E. Winters-Ohle (Hrsg.): Fachliche und sprachliche Förderung von Schülern mit Migrationsgeschichte. Beiträge es Mercator-Sympisions im Rahmen des AILA--Weltkongresses. Münster: Waxmann, 39-52

Vollmer, J.H. & Thürmann, E. (2010). Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In.: B. Ahrenholz: Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache. Tübingen: Narr Verlag, S. 107-132

Winters-Ohle, E. Seipp, B. & Ralle, B. (Hrsg.) (2012). Lehrer für Schüler mit Migrationsgeschichte Sprachliche Kompetenz im Kontext internationaler Konzepte der Lehrerbildung. Münster: Waxmann.

Wlotzka, P. & Ralle, B. (2008) Experimentieren in der Muttersprache - Sprachförderung im naturwissenschaftlichen Unterricht durch muttersprachliche Experimentieranleitungen - eine Fallstudie. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 19, 106/107, 62-65

Ursula Kessels Freie Universität Berlin

Zur Kompatibilität von Geschlechtsidentität, MINT-Fächern und schulischem Engagement: Warum wählen Mädchen seltener Physik und machen häufiger Abitur als Jungen?

Mädchen und Frauen sind im Bereich der MINT-Fächer deutlich unterrepräsentiert. Dies zeigt sich bereits bei den Leistungskurswahlen in der Oberstufe und setzt sich bei den Studienfachwahlen fort. Im Schuljahr 2012/2013 hatten in Deutschland etwa 20 % der Jungen in der Oberstufe Physik als Leistungskurs oder als Kurs mit erhöhtem Anforderungsprofil (mind. 4 Wochenstunden) belegt, aber nur circa 5 % der Mädchen. In Chemie war der Unterschied geringer (circa 12 % der Jungen und 8 % der Mädchen). Und auch in Studienfächern wie Bauingenieurwesen, Informatik, Maschinenbau und vor allem Elektrotechnik sind weibliche Studierende stark unterrepräsentiert. Im folgenden Beitrag wird ein psychologischer Erklärungsansatz für diese geschlechtstypisierten Bildungsverläufe vorgestellt. Vorab ist zu betonen, dass neben den hier benannten psychologischen Ursachen und Mechanismen noch weitere Gründe für die Unterrepräsentanz von Frauen in MINT Fächern relevant sind, welche auf der Ebene der Organisation von Arbeit (Erwerbsarbeit und Familienarbeit) anzusiedeln sind, aber nicht im Fokus der folgenden Darstellung stehen.

Die hier präsentierten Erklärungsansätze für die geschlechtstypisierten Bildungsverläufe – mit besonderem Fokus auf das geringere Engagement von Mädchen im MINT-Bereich – wurden in den vergangenen Jahren nicht nur in verschiedenen Studien überprüft, sondern bereits in mehreren Überblicksartikeln ausführlicher dargestellt. Im ersten Teil des vorliegenden Beitrags werden deshalb die zentralen Argumentationslinien bereits publizierter Beiträge (Hannover & Kessels, 2004; Kessels, 2005; Kessels, 2012; Kessels, 2013; Kessels & Hannover, 2004, 2006; Kessels, Heyder, Latsch & Hannover, 2014) wiedergegeben. Im zweiten Teil des Beitrags wird das geringere Engagement der Mädchen im MINT-Bereich dem geringeren allgemeinen schulischen Engagement der Jungen gegenübergestellt und die Frage gestellt, inwiefern hierfür prinzipiell ähnliche psychologische Mechanismen verantwortlich sein könnten. Auch hier basiert die Darstellung maßgeblich auf Befunden und Überblicken, die an anderer Stelle bereits dargelegt wurden (Hannover & Kessels, 2011; Heyder & Kessels, 2013; Kessels, 2013; Kessels et al., 2014; Kessels & Steinmayr, 2013).

Das Modell der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots

In dem Modell der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots (Kessels & Hannover, 2004, 2006) wurde beschrieben, dass die Schule nicht nur dazu dient, dass Schülerinnen und Schülern Wissen und Kompetenzen erwerben, sondern auch ein wichtiger Raum für die Identitätsentwicklung von Jugendlichen insgesamt darstellt. Mit *Identität* ist in der Psychologie die vom Individuum erlebte Kohärenz und Kongruenz gemeint; Eriksons sense of identity (1950) beinhaltet explizit das Gefühl der eigenen, zeit- und situationsüberdauernden Kontinuität und der Einigkeit mit sich selbst. In entwicklungspsychologischen Konzeptionen wird Identität auch als das Ergebnis einer aktiven Suche, Definition oder Konstruktion des Selbst verstanden. In der Sozialpsychologie wird anstatt Identität häufiger der Begriff des Selbstkonzeptes verwendet. Hierunter fasst man eine „eine äußerst umfassende, hoch differenzierte Gedächtnisstruktur […], in der sämtliche Informationen repräsentiert sind, die eine Person im Laufe des Lebens über sich selbst gespeichert hat“ (Hannover, Pöhlmann & Springer 2004, S. 322). Das Selbstkonzept

umfasst also das Wissen um und über die eigene Person (vgl. zusammenfassend hierzu Kessels, 2013).

Die Entwicklung der eigenen Identität gilt als die zentrale Entwicklungsaufgabe des Jugendalters. Aufgrund der vielfältigen und grundlegenden Veränderungen im kognitiven, sozialen und körperlichen Bereich, die Jugendliche erleben, stellt sich bei ihnen die Frage danach, wer oder was sie selbst sind, ganz neu. Und auch für den Umgang mit Schule und Lernen spielt die Frage, wer und wie man ist oder sein möchte, eine wichtige Rolle. Denn die entwicklungspsychologische Forschung hat vielfach zeigen können, dass sich schon Kinder solchen Inhaltsbereichen, die sie als passend zu zentralen Aspekten der eigenen Identität ansehen, wahrscheinlicher zuwenden als zu Inhaltsbereichen, die sie als nicht passend zu zentralen Aspekten der eigenen Identität empfinden. Dies gilt in besonderer Weise in Bezug auf die Geschlechtskonnotation von Gegenständen oder Inhaltsbereichen. So haben Martin, Eisenbud und Rose (1995) nachgewiesen, dass Kindergartenkinder aus neuartigen, ihnen bisher unbekannten Spielzeugen vorrangig dasjenige auswählten, das zuvor von Erwachsenen als zum eigenen Geschlecht zugehörig bezeichnet worden war, also den Kindern gegenüber als „Mädchenspielzeug“ oder „Jungenspielzeug“ gelabelt worden war (zusammenfassend Kessels, 2013).

In der Theorie der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots (Kessels, 2013; Kessels & Hannover, 2004, 2006) wurde vorgeschlagen, die differentielle Nutzung des schulischen Angebots als funktional für die Entwicklung der Identität oder des Selbst der Jugendlichen zu begreifen. Dadurch, dass ein Schüler oder eine Schülerin sich für bestimmte Fächer oder Domänen interessiert und dies durch entsprechendes Engagement auch sichtbar macht, kann er oder sie sich selbst und anderen signalisieren, welche Art von Person er oder sie ist. Denn den verschiedenen Fächern bzw. Domänen haften ganz unterschiedliche sozial geteilte Bedeutungen an. So haben verschiedene Fächer ein unterschiedliches „Image“. Auch werden Personen, die sich für die verschiedenen Fächer besonders interessieren (sog. Prototypen eines Faches, z. B. „typischer“ Schüler mit dem Lieblingsfach Physik (Hannover & Kessels, 2004)), ganz unterschiedlich wahrgenommen, ihnen werden unterschiedliche Eigenschaften zugeschrieben. Wenn sich Jugendliche für diese Fächer besonders interessieren und dort stark engagieren, dann haben sie auch die sozial geteilten Annahmen, die mit den Schulfächern jeweils verbunden sind, in das eigene Selbst zu integrieren.

In mehreren Untersuchungen wurde gezeigt, dass den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern soziale Bedeutungen zugeschrieben werden, die die meisten Jugendlichen nicht als Teil ihrer eigenen Identität sehen möchten. In vielerlei Hinsicht gilt dieses für Jugendliche beiderlei Geschlechts. Jugendliche schrieben fiktiven typischen Schülerinnen und Schülern, die Physik oder Mathematik als Lieblingsfächer haben, vor allem Eigenschaften zu, die eher negativ zu bewerten sind. Sie gelten als wenig (sozial und physisch) attraktiv, als wenig sozial kompetent und integriert, als arroganter und selbstbezogener, aber auch als intelligenter und ehrgeiziger als Schülerinnen und Schüler, die die sprachlich-geisteswissenschaftliche Fächer bevorzugen (Hannover & Kessels, 2004). Ganz ähnlich polarisiert wurden auch typische Lehrkräfte dieser Fächergruppen beschrieben (Kessels & Taconis, 2012).

Diese Vorstellungen Jugendlicher über Merkmale der Prototypen sind für die eigenen Fachvorlieben und -wahlen sehr relevant: In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass aus der subjektiv empfundenen Ähnlichkeit zwischen dem eigenen Selbst und dem Bild, das von diesen prototypischen Fachvertretenden existiert, das Mögen oder Wählen eines Faches vorhergesagt werden kann. Diese Arbeiten stützten sich auf die von Niedenthal und

Kollegen entwickelte Theorie des Selbst-Prototypen-Abgleichs (self-to-prototype matching) (z. B. Niedenthal, Cantor & Kihlstrom, 1985). In dieser Theorie wird angenommen, dass bei anstehenden Entscheidungen, bei denen zwischen mehreren Optionen zu wählen ist (z. B. ein Autokauf), die jeweils prototypischen Personen, die eine der verschiedenen Optionen wählen, imaginiert und mit dem eigenen Selbst verglichen werden. Aufgrund der Annahme, dass Personen nach Selbstkonsistenz und Selbstverifikation streben, wird erwartet, dass sie vor allem solche Situationen aufsuchen, die das eigene Selbstbild bestätigen. Entsprechend ist, ähnlich wie bei den oben beschriebenen Spielzeugwahlen, zu erwarten, dass jene Option gewählt wird, für die die größte Ähnlichkeit zwischen der vorgestellten prototypischen Person, die die Option wählt, und dem eigenen Selbst festgestellt wird. Dieser Mechanismus bildet die Quintessenz des Selbst-Prototypen-Abgleichs. Er kann als eine Heuristik bei Entscheidungsprozessen verstanden werden, durch die man Situationen, Verhaltensweisen, Vorlieben und Gegenstandsbereiche wählt, die mit dem eigenen Selbstbild konsistent sind.

Basierend auf dieser Theorie haben wir für die Entwicklung schulischer Interessen gezeigt, dass Jugendliche ein Schulfach umso lieber mögen, je größer die Ähnlichkeit zwischen ihrem eigenen Selbstbild und den Prototypen von Schülern ist, die dieses Fach als Lieblingsfach haben (Hannover & Kessels, 2004). Auch die Leistungskurswahlen (an deutschen Gymnasien) bzw. die Wahl eines schulischen „Profils“ (an niederländischen Schulen) konnten durch die subjektiv wahrgenommene Ähnlichkeit von Prototyp und Selbstbild vorhergesagt werden (Kessels & Taconis, 2012; Taconis & Kessels, 2009). Und über Schulfachpräferenzen hinausgehend spielt der Abgleich zwischen Selbst und Prototypen auch bei den Berufswahlabsichten Jugendlicher eine Rolle, wie wir in einer weiteren Studie zeigten (Kessels & Hannover, 2002): Je ähnlicher die Selbstbeschreibungen der Jugendlichen den Beschreibungen verschiedener Prototypen waren, desto lieber wollten sie einen mit dem entsprechenden Prototyp verbundenen Beruf ergreifen und umso erfolgszuversichtlicher waren sie gegenüber dieser Berufswahl.

Zusammengefasst zeigen also mehrere Studien, dass eine Passung zwischen Selbstbild und Gegenstandsbereich ein wichtiger Faktor für schulische Wahlen und Berufswahlabsichten darstellt. Ein zentraler Teil des Selbstkonzeptes bezieht sich auf die eigene Geschlechtszugehörigkeit. In diesem Sinne ist die Entwicklung schulischer Interessen also auch funktional für die Entwicklung der eigenen Geschlechtsidentität. Und auch wenn die beschriebenen Mechanismen der identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots grundsätzlich bei männlichen und weiblichen Jugendlichen greifen, ergeben sich jedoch für beide Geschlechter ganz spezifische Passungsprobleme zwischen dem Selbst und bestimmten Inhalten oder Formen des schulischen Engagements.

In den folgenden Abschnitten wird zunächst die Passung des Selbstbildes von Mädchen zu den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) und danach die subjektiv empfundene Passung des Selbstbildes von Jungen zu schulischem Engagement insgesamt thematisiert.

Geschlechtsunterschiede in den MINT-Fächern

In den oben berichteten Leistungskurswahlen wurde deutlich, dass vor allem Physik von Mädchen besonders selten gewählt wird. Auch wenn Jugendliche direkt gefragt werden, welche Schulfächer „Jungenfächer“ oder „Mädchenfächer“ (oder: „weder-noch“) seien, führt Physik (neben Sport) die Rangreihe der am eindeutigsten als „Jungenfach“ titulierten Fächer an (Hannover & Kessels, 2002). Diese Typisierung des Faches als männlich bzw. als unweiblich findet sich nicht nur in solchen expliziten, über Fragebögen erfassten Äußerungen. In der sozialpsychologischen Forschung werden auch sogenannte „implizite“

Stereotype erforscht, womit automatische Assoziationen zwischen mentalen Konzepten gemeint sind. Diese impliziten Stereotype werden beispielsweise mit dem Impliziten Assoziationen Test (IAT; Greenwald, McGhee & Schwartz, 1998) erhoben, einem computergestützten Verfahren. Diesem Test liegt die Annahme zugrunde, dass es anhand von Reaktionszeiten möglich ist, die relative Stärke der Assoziationen zwischen verschiedenen Kategorien zu messen (z. B. zwischen „Insekt“ und „unangenehm“ und zwischen „Blume“ und „angenehm“). Solche impliziten Assoziationen müssen den Personen selbst gar nicht bewusst sein. So zeigen immer wieder Untersuchungen, dass auch Personen, die auf Fragebögen angeben, z. B. keine Vorurteile gegenüber Mitglieder einer sozialen Gruppe zu haben, im IAT durchaus Ergebnismuster aufweisen, die auf eine negative Einstellung im Sinne einer mentalen Verknüpfung negativer Begriffe mit Begriffen, die diese Gruppe kennzeichnen, hinweisen. Zur impliziten Stereotypisierung von MINT-Fächern als männlich liegen schon mehrere Studien vor, von denen die meisten die implizite Assoziation von „Mathematik = männlich“ untersuchten (z. B. Cvencek, Meltzoff & Greenwald, 2011; Nosek, Banaji & Greenwald, 2002; Steffens, Jelenec & Noack, 2010). Eine eigene Studie zum Image von Physik (Kessels, Rau & Hannover, 2006) konnte in ähnlicher Weise zeigen, dass deutsche Jugendliche ein implizites Stereotyp von Physik als männlich aufweisen, wobei die Assoziation von Physik mit männlich bei den an der Studie teilnehmenden Mädchen sogar signifikant stärker ausgeprägt war als bei den Jungen. Zudem zeigte diese Studie, dass das Image von Physik weitere Aspekte aufweist, die nicht nur auf Mädchen, sondern auf Jugendliche insgesamt eher abschreckend wirken. So ist Physik ebenfalls ein Fach, das im Gegensatz zu Englisch wenig mit Selbstverwirklichung, dafür aber mehr mit Fremdbestimmung assoziiert wird, was bei beiden Geschlechtern für eine negative explizite Einstellung zum Fach Physik sorgt (Kessels et al., 2006).

Zusammengefasst zeigt sich also sowohl auf der Ebene „expliziter“ als auch „impliziter“ Stereotype, dass Mathematik und Physik im Durchschnitt als weniger gut zu Mädchen passend charakterisiert werden. Da Menschen sich eher solchen Dingen und Gegenstandsbereichen zuwenden, bei denen sie eine hohe Passung zum eigenen Selbst wahrnehmen, ist zu schlussfolgern, dass sich Mädchen dem MINT-Bereich weniger wahrscheinlich zuwenden werden, weil sie im Durchschnitt eine größere Distanz zwischen eigenem Selbst und diesen Fächern empfinden.

In einer weiteren Untersuchung zur wahrgenommenen Passung des Faches Physik zum Selbstbild der Mädchen wurden die Prototypen, also die typischen Repräsentanten verschiedener Unterrichtsfächer, in Bezug auf die ihnen zugeschriebene Femininität und Maskulinität untersucht. Die Studie zeigte, dass einem Mädchen mit dem Lieblingsfach Physik deutlich weniger feminine und mehr maskuline Eigenschaften zugeschrieben wurden als einem Mädchen mit dem Lieblingsfach Musik (Kessels, 2005; das Fach Musik war in der Studie von Hannover und Kessels [2002] am stärksten als „Mädchenfach“ bezeichnet worden). Engagement im Fach Physik bei einem Mädchen scheint also als Indiz für ihre mangelnde Weiblichkeit zu gelten. Außerdem zeigte die Studie, dass der typische „Physikfan“ besonders wenig Ähnlichkeit mit dem Bild aufwies, das die meisten Mädchen von sich selbst hatten. In Übereinstimmung mit den anderen, oben zitierten Studien zum Selbst-Prototypenabgleich zeigte sich auch bei dieser Untersuchung, in der die geschlechtstypisierten Eigenschaften der Prototypen fokussiert wurden, dass die Mädchen das Fach Physik umso stärker ablehnten, je stärker ihr Bild vom typischen Physikfan von ihrem eigenen Selbstbild abwich (Kessels, 2005). Aufbauend auf diesen Befunden analysierte eine qualitative Studie aus den Niederlanden (Rommes, Overbeek, Scholte, Engels & De Kemp, 2007) Einzel- und Gruppeninterviews, um zu verstehen, warum Mädchen im Bereich der Computerwissenschaften unterrepräsentiert sind. Auch in dieser

Studie fanden sich Hinweise darauf, dass berufliche Wahlen auf der wahrgenommenen Ähnlichkeit zwischen Selbst und Prototyp basieren, wobei die Autorinnen betonen, dass auch solche Eigenschaften der Prototypen für den Abgleich wichtig waren, die für die Ausübung der Profession vollkommen irrelevant waren, wie z. B. das Ausmaß an sexueller Attraktivität.

Mädchen, die sich für Physik interessieren, wird nicht nur wenig Weiblichkeit zugeschrieben, sondern es wird zudem angenommen, dass sie wenig beliebt seien, und zwar vor allen Dingen bei Jungen, wie die Studie von Kessels (2005) zeigte: Die befragten Jugendlichen nahmen an, dass ein Mädchen, das Klassenbeste in Physik ist, bei den Jungen ihrer Klasse weniger beliebt sein würde als ein Junge, der in Physik der Beste ist – und als ein Mädchen, das in Musik am besten ist. Zudem sollten die Befragten auch angeben, für wie beliebt sie sich selbst bei den Jungen und Mädchen aus ihrer Klasse halten und diese Angaben mit ihren Noten in Physik in Beziehung gesetzt. Dadurch konnte nachgewiesen werden, dass die Mädchen, die in Physik besonders gute Noten hatten (d. h. eine 1 oder 2 im Zeugnis), sich tatsächlich von ihren männlichen Klassenkameraden abgelehnt fühlen. Mädchen mit schlechteren Physiknoten hielten sich dagegen für deutlich beliebter beim anderen Geschlecht (dieser Unterschied zeigte sich bei den Musiknoten nicht).

Zusammengefasst weisen diese verschiedenen Befunde darauf hin, dass die spezifischen Prototypen über Mädchen, die sich in Mathematik und Naturwissenschaften engagieren, sowie das Image des MINT-Bereichs dazu beitragen, dass sich Schülerinnen aus diesem Bereich zurückziehen. In einer weiteren experimentellen Studie haben wir darauf aufbauend untersucht, welche Auswirkungen es hat, wenn Mädchen ein sehr positives Feedback über ihre Physikbegabung erhalten. Gemäß den Befunden, dass Mädchen mit Talent für Physik befürchten müssen, dass ihnen von Gleichaltrigen ihre Weiblichkeit aberkannt wird, wurde erwartet, dass Mädchen ein positives Feedback über ein vermeintliches Physiktalent nicht so bereitwillig akzeptieren würden wie Jungen, denen ein genauso positives Feedback gegeben wird, sondern dass sie dieses auch als Bedrohung ihrer Identität als „richtiges Mädchen“ erleben würden. In Reaktion darauf sollten sie sich deshalb bemühen, als möglichst „typisch weiblich“ wahrgenommen zu werden. Um diese Annahmen zu prüfen, haben wir in einer experimentellen Studie Jungen und Mädchen unterschiedliche Arten von Leistungsfeedback im Fach Physik gegeben und ihre Reaktionen auf das erhaltene Feedback erfasst (Kessels, Warner, Holle & Hannover, 2008[1]): Wie in Experimenten üblich, wurde den teilnehmenden Jugendlichen die Art des erhaltenen Feedbacks nach Zufall zugewiesen: Die Hälfte der Mädchen und Jungen erhielt nach dem Bearbeiten von Physikaufgaben die Rückmeldung, „ein echtes Talent für Physik“ zu besitzen, die andere Hälfte ein nur durchschnittliches Feedback. Nach Erhalt des Feedbacks sollten die Jugendlichen angeben, welche Art von Zeitschriftenartikeln sie nun gerne lesen würden. Die Hälfte der Zeitschriftenartikeltitel bezog sich auf Informationen zu Berufen im Bereich Naturwissenschaft und Technik, die andere Hälfte auf (entweder männliche oder weibliche) geschlechtstypisierte Freizeitthemen (z. B. Zeitschriftenartikel mit weiblichen geschlechtstypisierten Themen hatten Titel wie „Bist du bereit für die große Liebe?“ oder „Natur pur – Rezepte für Haut und Haar“). Uns interessierte, ob die Jungen und Mädchen in den beiden unterschiedlichen Feedback-Bedingungen sich darin unterschieden, welche Artikel sie nun äußerten gerne lesen zu wollen. Wichtig war vor der Auswertung der Daten jedoch, dass dieses erhaltene (falsche) Feedback glaubwürdig gewesen sein konnte. Deshalb wurden jene Schülerinnen und Schüler von der Datenauswertung ausgeschlossen, für die das erhaltene Feedback sehr wenig glaubwürdig war – z. B. Jugendliche, die im Zeugnis eine 4 oder 5 in Physik hatten und/oder

[1] Die im Folgenden verwendete Darstellung entspricht der Schilderung dieses Experiments in Kessels (2012).

die Aufgaben gar nicht lösen konnten, aber die Rückmeldung erhielten, ein echtes Talent für Physik aufzuweisen, und genauso jene Jugendliche mit sehr guten Leistungen, denen ein nur „durchschnittliches“ Feedback gegeben wurde. Erwartungsgemäß zeigte sich, dass Mädchen und Jungen auf positives Feedback im Fach Physik sehr unterschiedlich reagierten (im Vergleich zu der Kontrollgruppe, die das nur durchschnittliche Leistungsfeedback erhielt): Während Jungen, denen eine hohe Begabung für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich rückgemeldet wurde, danach ein relativ höheres Interesse angaben, sich mit Informationen zu beruflichen Optionen in dieser Domäne zu beschäftigen, betonten Mädchen nach einem positiven Begabungsfeedback in Physik ein besonders starkes Interesse an „typisch weiblichen“ Themen (Kessels et al., 2008).

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass es mit einer Bestärkung des Glaubens an die eigenen Kompetenzen allein nicht getan ist, um mehr Mädchen und Frauen für den MINT-Bereich zu begeistern. Vielmehr müssen auch die Konsequenzen eines Engagements im MINT-Bereich für die Identität der Mädchen insgesamt berücksichtigt werden (Kessels, 2012).

Interventionen zur Erhöhung der subjektiv wahrgenommenen Passung vom Selbstbild der Mädchen und MINT

So muss zur Erhöhung der Attraktion des MINT-Bereichs für Mädchen und Frauen nicht unbedingt die Stärkung des fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepts von Schülerinnen oder Studentinnen in den Vordergrund gerückt werden. Diese Einschätzung entspricht auch aktuellen Arbeiten von Jacqueline Eccles (z. B. Eccles, 2007), die mit dem Wert-Erwartungsmodells (Eccles et al., 1983) ein sehr einflussreiches und erklärungsmächtiges Modell zur Vorhersage von schulischem Leistungs- und Wahlverhalten entwickelt hat. Sie betont in neueren Schriften, dass zur Erklärung der Unterrepräsentanz von Frauen im MINT-Bereich weniger der „Erwartungs“-Aspekt (die subjektive Wahrscheinlichkeit, die dort gestellten Anforderungen bewältigen zu können; in der Regel über das fähigkeitsbezogene Selbstkonzept operationalisiert), sondern vor allem der „Werte“-Aspekt von Bedeutung sei. Eccles (2007) kommt auf der Grundlage ihrer jahrzehntelangen Forschungsarbeiten zu dem Schluss, dass Frauen den MINT-Bereich nicht deshalb meiden, weil sie geringere Fähigkeiten aufweisen oder weil sie glauben, den dort gestellten Anforderungen nicht gewachsen zu sein. Vielmehr sei die Frage des Wertes, den Männer und Frauen unterschiedlichen Aspekten von Professionen zumessen, die zentrale Ursache für die Unterrepräsentanz von Frauen im MINT-Bereich. Frauen und Mädchen komme es bei ihren beruflichen Wahlen auch darauf an, in ihrem Beruf humanistische Werte umzusetzen und anderen Menschen zu helfen. Dass sie dies im MINT-Bereich zu wenig umsetzen zu können glauben, sei auch laut Eccles auf Stereotypen über Physik und Ingenieurwissenschaften zurückzuführen, welche aber gar nicht die Realität dieser Berufsfelder abbilden würden, sondern unzutreffend seien.

Im Folgenden werden einige Interventionsansätze (zum Teil aus der eigenen Forschung) vorgestellt, die basierend auf dem Modell der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots darauf abzielen, die subjektiv wahrgenommene Passung zwischen eigenem Selbst und dem MINT-Bereich bei Mädchen zu erhöhen. Zur Erhöhung dieser Passung bietet das Modell prinzipiell zwei Ansatzpunkte: Erstens das Image von MINT, zweitens das Selbst der Mädchen.

Es sind verschiedene Arten von Interventionen denkbar, die das Image von MINT auf eine Weise verändern, sodass auch ganz „typische“ Mädchen nicht den Eindruck haben, dass dieser Bereich nicht zu ihnen passt und sogar eine Gefährdung ihrer Identität als richtig

weibliches Mädchen impliziert. Die Physikdidaktik hat mit den Überlegungen zur Gestaltung eines Physikunterrichts, der an „den Interessen von Jungen und Mädchen orientiert“ ist, Vorschläge gemacht und überprüft (z. B. Hoffmann, Häußler & Peters-Haft, 1997). So können physikalische Gesetze auch anhand von Themen verdeutlicht werden, für die sich typischerweise auch Mädchen interessieren, z. B. kann das Prinzip der Pumpe auch am Blutkreislauf erläutert werden. Durch diese Maßnahmen sollten die Inhalte von Physik als weniger maskulin erlebt werden und damit für Mädchen die erlebte Diskrepanz zwischen Selbstbild und Engagement in diesem Bereich geringer sein.

Eine andere Möglichkeit, die MINT-Fächer als nicht nur zu Jungen oder Männern passende Fächer darzustellen, sind weibliche Rollenmodelle. In einer experimentellen Studie wurde überprüft, ob durch die Vorgabe eines weiblichen Rollenmodells die implizite Assoziation zwischen Maskulinität und Physik vermindert werden kann (Kessels & Hannover, 2006). Zudem wurde in dieser Studie getestet, ob durch die Vorgabe eines männlichen Rollenmodells die Assoziation zwischen Maskulinität und Physik situational noch verstärkt wird oder ob die Konfrontation mit einem männlichen Rollenmodell schon so sehr der „Normalsituation“ in der Physik entspricht, dass hier – gegenüber einer Situation ganz ohne Rollenmodell – keine weitere Verstärkung der automatischen Assoziationen von Physik mit männlich zu beobachten ist. In diesem Experiment wurden die Versuchspersonen einer der folgenden drei Bedingungen randomisiert zugewiesen: Sie lasen entweder einen Text über eine fiktive Physikerin (Bedingung weibliches Rollenmodell), einen Text über einen fiktiven Physiker (Bedingung männliches Rollenmodell) oder einen Text über die Schweiz (Bedingung kein Rollenmodell). Nach dem Lesen des Textes bearbeiteten die Versuchspersonen einen Impliziten Assoziationentest (siehe oben) zur Messung der automatischen Assoziationen von Physik mit männlich. Die Versuchsteilnehmerinnen, die zuvor etwas über die Physikerin gelesen hatten, wiesen einen deutlich kleineren IAT-Effekt auf als diejenigen, die etwas über den Physiker oder über die Schweiz gelesen hatten. Hiermit wurde gezeigt, dass direkt nach der Konfrontation mit einem weiblichen Rollenmodell Physik weniger stark automatisch mit männlichen Wörtern assoziiert wurde. Dieser Befund deutet an, dass weibliche Rollenmodelle im MINT-Bereich auch auf der Ebene impliziter Assoziationen Veränderungen bewirken können, wodurch Mädchen diesen Bereich besser als zu sich selbst passend empfinden sollten, als wenn sie vor allem männlichen Modellen begegnen.

Als zweiten Ansatzpunkt zur Erhöhung der Passung bietet sich - unter Bezug auf das Modell der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots - auch das Selbst der Mädchen an. Hierbei kann es beispielsweise darum gehen, solche Identitätsaspekte von Mädchen, die nicht zum MINT-Bereich passen, situational zu deaktivieren und damit nicht handlungsleitend werden lassen. Dies wird leichter vorstellbar unter Bezug auf das Modell des multiplen und dynamischen Selbst (Hannover, 1997), bei dem postuliert wird, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht sämtliches verfügbares Selbstwissen einer Person für sie handlungsleitend ist, sondern nur jenes Selbstwissen, das im aktuellen Kontext, in dem sich die Person befindet, gerade aktiviert ist. Hierauf aufbauend gestalteten wir eine Unterrichtssituation, in der das geschlechtsbezogene Selbstwissen von Mädchen wenig aktiviert sein sollte und in der sich deshalb die Mädchen auch weniger von Physik abwenden sollten als sonst üblich: Wir richteten im Physikunterricht koedukativer Gesamtschulen monoedukative Gruppen ein, da in diesen Gruppen (im Vergleich zu koedukativen Gruppen) die eigene Geschlechtszugehörigkeit kein salientes Merkmal darstellt (ausführlich hierzu: Kessels, 2002, Kessels & Hannover, 2008). Wir überprüften in einer quasi-experimentellen Studie, ob geschlechtshomogene Lernumgebungen im Physikunterricht tatsächlich dazu führen, dass geschlechtsbezogenes Selbstwissen situational weniger „zugänglich“ ist – und

deshalb auch weniger verhaltenswirksam werden sollte. Die Zugänglichkeit geschlechtsbezogenen Selbstwissens wurde dabei direkt während des Unterrichts in monoedukativen oder koedukativen Lerngruppen mit einem nonreaktiven, computerbasierten Verfahren gemessen, bei dem Reaktionszeiten auf feminine oder maskuline Stimuluswörter erfasst wurden. Hypothesenkonform zeigte sich, dass a) in monoedukativen Klassen Jugendlichen geschlechtsbezogenes Selbstwissen insgesamt weniger zugänglich war als in koedukativen Klassen und b) Mädchen sich nachfolgend umso mehr motiviert und ein umso besseres physikbezogenes Selbstkonzept zeigten, je weniger zugänglich ihnen feminines Selbstwissen relativ zu – zum maskulin konnotierten Unterrichtsfach besser passenden – maskulinem Selbstwissen während des Physikunterrichts war (Kessels, 2002; Kessels & Hannover, 2008). Diese Untersuchung kann als ein Beispiel dafür gelten, dass die Passung zwischen dem Selbstkonzept von Mädchen und Physik in der Unterrichtssituation auch dadurch erhöht werden kann, indem die von Mädchen als nicht zur Physik passend wahrgenommenen Aspekte ihres Selbstkonzeptes während des Physikunterrichts deaktiviert werden.

Geschlechtsunterschiede im schulischen Bereich zeigen sich jedoch nicht nur in den MINT-Fächern, in denen Mädchen unterrepräsentiert sind. Recht deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern zeigen sich in den Bildungsabschlüssen und zwar neuerdings zugunsten der Mädchen: Während noch in den 1960er Jahren Mädchen deutlich seltener das Abitur ablegten als Jungen, zeigt sich seit den 1980er Jahren in den Abiturquoten ein Vorsprung der Mädchen, der sich seit 1990 kontinuierlich vergrößert (Helbig, 2010). Im folgenden Abschnitt wird auf das geringere schulische Engagement von Jungen im Vergleich zu Mädchen eingegangen. Dabei wird auch herausgearbeitet, inwiefern auch bei dieser Thematik ein Passungsproblem im Sinne des Modells der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots vorliegen könnte: Wenn Schule und schulisches Lernen als weiblich angesehen werden, würden Jungen ihre eigene Männlichkeit vor sich und anderen betonen können, wenn sie sich in der Schule besonders wenig anstrengen.

Geschlechtsunterschiede im schulischen Engagement

Welche Ursachen diesem geringeren schulischen Erfolg der Jungen zugrunde liegen, wird seit einigen Jahren auch in Deutschland ausführlich diskutiert. In einem Überblicksbeitrag von Hannover und Kessels (2011) sind die wichtigsten Stränge zur Erklärung dieses Phänomens zusammengefasst, die hier in Kurzform wiedergegeben werden sollen.

Mädchen erreichen bessere Noten als Jungen und zwar auch, wenn die durch standardisierte Tests erfassten Kompetenzen statistisch kontrolliert werden. Wegen dieser besseren Noten erhalten Mädchen auch häufiger eine Gymnasialempfehlung als Jungen und können entsprechend eine erfolgreichere Bildungslaufbahn vorweisen. Welche Gründe gibt es für die besseren Noten der Mädchen? Hannover und Kessels (2011) fassen zusammen, dass Mädchen im Durchschnitt stärker als Jungen Eigenschaften und Verhaltensweisen zeigen, die zu guten Schulleistungen führen: Bei Mädchen sind beispielsweise mehrere Facetten von „Gewissenhaftigkeit“ stärker ausgeprägt als bei Jungen. Diese Eigenschaft wirkt sich positiv auf Schulleistungen aus: Je gewissenhafter Jugendliche und junge Erwachsene sind, desto besser sind ihre Noten in Schule und Studium. Auch die Persönlichkeitsdimension „Verträglichkeit“ ist laut mehreren Studien bei Mädchen höher ausgeprägt. Studien belegen, dass „verträglichere“ Kinder bessere Schulnoten erzielen. Des Weiteren zeigen Mädchen eine höhere Selbstdisziplin als Jungen, ebenfalls ein Merkmal, das in der Schule mit besseren Noten zusammenhängt.

Auch ist es im Durchschnitt so, dass Mädchen mehr Engagement in Bezug auf Schularbeiten zeigen, sie verbringen mehr Zeit mit Hausaufgaben, strengen sich dabei mehr an und neigen

weniger zur Arbeitsvermeidung als Jungen (zusammenfassend Hannover & Kessels, 2011). Auch stören Mädchen den Unterricht weniger als Jungen und legen eine höhere Lernbereitschaft an den Tag (zusammenfassend Kessels & Heyder, im Druck).
Entsprechend resümieren Hannover und Kessels (2011, S. 96): „Schüler/innen, die fleißig, zuverlässig, gut organisiert, verantwortungsbewusst und diszipliniert sind, legen ein dem Schulerfolg zuträgliches Arbeitsverhalten an den Tag und erreichen entsprechend bessere Noten“ - und dies unabhängig vom Geschlecht.

Geschlechtsunterschiede in den Einstellungen zur Schule: Wichtig, nützlich, interessant?
Nicht nur aus dem Verhalten lässt sich ableiten, dass Mädchen im Mittel der Schule eine größere Wichtigkeit einräumen als Jungen. Sie äußern der Schule gegenüber auch positivere Einstellungen: Schon in der Grundschule berichten Mädchen mehr Schulfreude als Jungen, wobei sich dieser Unterschied auch in der Sekundarstufe zeigt (van Ophuysen, 2008). In der PISA-Studie fanden sich ebenfalls in fast allen Teilnehmerländern, darunter auch Deutschland, bei Mädchen deutlich bessere kognitive Einstellungen zur Schule, die mit Items wie „Die Schule war reine Zeitverschwendung.“ und „In der Schule habe ich Dinge gelernt, die mir im Berufsleben nützlich sein könnten.“ erfasst wurde (OECD, 2004).
Steinmayr und Spinath (2010) haben eine Skala zur Erfassung des Konstruktes „Wert von Schule“ entwickelt und ebenfalls bedeutsame Geschlechtsunterschiede gefunden: Schülerinnen der Oberstufe berichten ein höheres Interesse an der Schule, sprechen der Schule eine größere Nützlichkeit sowie eine höhere Wichtigkeit zu als ihre männlichen Klassenkameraden.

Dass es das schulische Engagement fördert, wenn der Schule ein hoher Wert zugeschrieben wird, ist unmittelbar plausibel und kann psychologisch auch im Rahmen des Wert-Erwartungsmodells von Eccles (z. B. Eccles et al., 1983) erklärt werden. Wie oben schon beschrieben, ist neben den subjektiven Erfolgserwartungen (fähigkeitsbezogenes Selbstkonzept) der einer Tätigkeit oder Domäne zugewiesene Wert ein zentraler Prädiktor für nachfolgende Leistungen und Wahlen (von Fächern, Aktivitäten). Menschen wenden sich also solchen Aktivitäten zu, von denen sie glauben, dass sie diese werden bewältigen können und denen sie einen hohen Wert im Sinne von Wichtigkeit, Nützlichkeit und Interessantheit zuschreiben. Wie oben schon ausgeführt, hat Eccles (2007) zur Erklärung der Unterrepräsentanz von Mädchen und Frauen im MINT-Bereich vor allem die Wertkomponente herangezogen: Weil Mathematik und Naturwissenschaften weniger mit ihren persönlichen Werten in Einklang stehen, schlagen sie seltener eine entsprechende Laufbahn ein. In ähnlicher Weise sollte auch der Wert, der Schule insgesamt zugeschrieben wird, schulisches Engagement vorhersagen (Kessels & Steinmayr, 2013).

Warum aber empfinden Mädchen Schule als wichtiger, interessanter und nützlicher als Jungen? Kessels und Steinmayr (2013) haben die These aufgestellt, dass die Schule den Jugendlichen heutzutage vermittle, dass vor allem verbale Kompetenzen gefragt seien, mathematische Kompetenzen dagegen weniger. Und weil Mädchen im Durchschnitt ein besseres verbales Fähigkeitsselbstkonzept haben als Jungen, die ihrerseits über ein höheres mathematisches Selbstkonzept verfügen, würden Mädchen die Schule als zu ihren eigenen Stärken anschlussfähiger sehen und ihr eine höhere Wichtigkeit zuschreiben.

Als Beleg für die deutliche Betonung der verbalen Kompetenzen in nunmehr allen Unterrichtsfächern führen Kessels und Steinmayr (2013) Beispiele aus aktuellen Lehrplänen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer sowie der Bildungsstandards der KMK an: Im Kernlehrplan Mathematik für die Sek. I in NRW werden z. B. „kommunizieren,

präsentieren und argumentieren“ als „prozessbezogene Kompetenzen“ genannt. In den aktuellen Bildungsstandards der KMK wird in ähnlicher Weise „Kommunizieren“ als zentraler Kompetenzbereich auch in den Fächern Mathematik und Physik beschrieben. Kessels und Steinmayr (2013) vermuten deshalb, dass diese in den Lehrplänen formulierten Ziele im Unterricht umgesetzt werden und den Jugendlichen die besondere Relevanz verbaler Kompetenzen vermittelt wird. Genauer nahmen sie an, dass der Schule ein umso höherer Wert zugeschrieben wird, je höher die selbsteingeschätzten verbalen Kompetenzen sind. „Ein positives Selbstkonzept in Mathematik sollte dagegen nicht in gleichem Maße mit einer positiven Bewertung von Schule korrelieren, weil die mathematischen Kompetenzen als vergleichsweise weniger wichtig für die Erfüllung schulischer Anforderungen empfunden werden, da sie weniger deutlich als Schlüsselkompetenz für schulischen Erfolg präsentiert werden“ (Kessels & Steinmayr, 2013, S. 107). In einer empirischen Studie wurde schließlich überprüft, ob der hier skizzierte psychologische Mechanismus mit erklären kann, warum Mädchen der Schule einen höheren Wert zuschreiben als Jungen es tun. An einer Stichprobe von Schülerinnen und Schülern der Oberstufe konnte dieser Nachweis erbracht werden: Mädchen maßen der Schule mehr Wert zu als Jungen und hatten sowohl bessere Deutschnoten als auch ein besseres verbales Selbstkonzept als Jungen. Eine Mediationsanalyse zeigte, dass der Geschlechtsunterschied im Wert von Schule teilweise durch das verbale Fähigkeitsselbstkonzept mediiert wurde, „was bedeutet, dass die Unterschiede im verbalen Selbstkonzept (im Mittel bei Mädchen höher ausgeprägt) einen Teil der Geschlechtsunterschiede im Wert von Schule (im Mittel bei Mädchen ebenfalls höher ausgeprägt) erklären“ (Kessels & Steinmayr, 2013, S. 110). Diese Befunde wurden nicht nur in Bezug auf den geringeren Bildungserfolg von Jungen diskutiert, sondern auch im Hinblick auf den Nachwuchsmangel in den MINT-Fächern: Möglicherweise wird in den Schulen nicht ausreichend vermittelt, dass mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen wertvoll sind und gewertschätzt werden.

Ist Schule insgesamt weiblich konnotiert?

So wie im Modell der Identitätskongruenten Nutzung des schulischen Angebots angenommen, ist die wahrgenommene Passung zwischen der Geschlechtstypisierung eines Gegenstandsbereichs und der eigenen Geschlechtsidentität für ein Engagement in dem betreffenden Bereich zentral. Dieser Gedanke lässt sich auch auf die Geschlechtstypisierung von Schule insgesamt übertragen: Wenn Schule und schulisches Lernen als eher „weiblich“ konnotiert gelten, dann ist es für Jungen funktional für die Demonstration eigener Männlichkeit, wenn sie sich schulisch möglichst wenig engagieren (Hannover & Kessels, 2011).

In einer empirischen Studie sind wir dieser Frage nachgegangen und haben empirisch geprüft, ob Schule und schulisches Lernen insgesamt eine weibliche Konnotation aufweisen (Heyder & Kessels, 2013). Auch in dieser Studie wurden die „impliziten“, d. h. die nicht bewussten, automatisch ablaufenden Assoziationen mittels eines computergestützten Messverfahrens erfasst. Wir überprüften, ob Jugendliche Schule und Lernen mental eher mit weiblichen als mit männlichen Begriffen verbinden. Zudem testeten wir unsere Annahme, dass Jungen vor allem dann schlechtere Leistungen in der Schule zeigen, wenn sie a) Schule implizit als weiblich und b) sich selbst als sehr maskulin beschreiben. Die Messungen zeigten, dass Schule zwar von Mädchen stärker mit weiblich als mit männlich assoziiert wird, Jungen dieses Muster im Durchschnitt jedoch nicht zeigen. Es kann also nicht davon gesprochen werden, dass die meisten Jungen Schule als „weiblich“ ansehen. Allerdings assoziierte eine Subgruppe von Jungen Schule durchaus deutlich stärker mit weiblich als mit männlich. Und hier zeigten weitere Analysen, dass Jungen umso schlechtere Noten im Fach Deutsch hatten, je stärker sie Schule mit weiblich assoziieren und je deutlicher sie sich selbst

gleichzeitig als maskulin beschrieben (Heyder & Kessels, 2013). Dies bedeutet, dass schlechtere Deutschleistungen von denjenigen Jungen gezeigt werden, die eine psychologisch relevante Diskrepanz zwischen ihrem Selbstbild als sehr maskulin und dem Bild von Schule als sehr feminin empfinden.

Zusammengefasst weisen also verschiedene Studien darauf hin, dass die subjektiv wahrgenommene schlechtere Passung zwischen MINT-Fächern und dem Selbstbild von Mädchen das geringere Engagement von Mädchen im MINT-Bereich erklären können. Auf der anderen Seite scheinen Mädchen aber stärker als Jungen eine Passung zum schulischen Lernen insgesamt zu empfinden, was ihren insgesamt höheren Schulerfolg mit erklären kann. Auch weisen unsere Befunde darauf hin, dass Schule vor allem von solchen Jugendlichen wichtig und wertvoll gefunden wird, die ihre Stärke im verbalen Bereich sehen – was bei Mädchen häufiger der Fall ist als bei Jungen.

Als ein zusätzlicher, neuer Aspekt in der Debatte um die höheren Abiturquoten der Mädchen könnten jedoch auch die ganz erstaunlichen Mengen von Mädchen betrachtet werden, die ihr Abitur mit Kunst als Leistungsfach absolvieren. Im Bundesland Berlin war dies im Schuljahr 2012/2013 immerhin jedes dritte Mädchen, aber nur jeder zehnte Junge. Möglicherweise ermöglicht diese Wahl all denjenigen Jugendlichen eine reelle Chance auf ein gutes Abitur, die sich am Ende der Sekundarstufe I eher unsicher sind, ob sie in anderen Schulfächern reüssieren werden - aber immerhin schön malen können. Offenbar gibt es mehr Mädchen als Jungen, die glauben, ausreichend gut malen zu können, um dieses Fach als Leistungskurs zu belegen. Eine Studienfachwahl im MINT-Bereich ist bei diesen allerdings nicht mehr sehr wahrscheinlich.

Literatur

Cvencek, D., Meltzoff, A. N. & Greenwald, A. G. (2011). Math-gender stereotypes in elementary school children. Child Development, 82 (3), 766–779.

Eccles, J.S. (2007). Where Are All the Women? Gender Differences in Participation in Physical Science and Engineering. In S.J. Ceci & W.M. Williams, Why aren't more women in science: Top researchers debate the evidence. Washington, DC, US: American Psychological Association, 199-210.

Eccles, J. S., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece, J. L. et al. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Ed.), Achievement and achievement motives. San Francisco: Freeman, 75-146.

Erikson, E. H. (1950). Childhood and Society. New York: Norton.

Greenwald, A. G., McGhee, D. E. & Schwartz, J.L.K. (1998). Measuring Individual Differences in Implicit Cognition: The Implicit Association Test. Journal of Personality and Social Psychology, 74 (6), 1464–1480.

Hannover, B. (1997). Das dynamische Selbst. Zur Kontextabhängigkeit selbstbezogenen Wissens. Bern: Huber.

Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype! Der Einfluss von Technikfreizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. Zeitschrift für Pädagogik, 45, Beiheft, 341-358.

Hannover, B. & Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why German high school students do not like math and science. Learning and Instruction, 14 (1), 51-67.

Hannover, B. & Kessels, U. (2011). Sind Jungen die neuen Bildungsverlierer? Empirische Evidenz für Geschlechterdisparitäten zuungunsten von Jungen und Erklärungsansätze. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 25, 89-103.

Hannover, B., Pöhlmann, C. & Springer, A. (2004). Selbsttheorien der Persönlichkeit. In K. Pawlik (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie. Band V: Theorien und Anwendungen der Differentiellen Psychologie. Göttingen: Hogrefe, S. 317-364.

Helbig, M. (2010). Sind Lehrerinnen für den geringeren Schulerfolg von Jungen verantwortlich? Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 62, 93–111.

Heyder, A. & Kessels, U. (2013). Is school feminine? Implicit gender stereotyping of school as a predictor of academic achievement. Sex Roles, 69 (11-12), 605-617.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

Kessels, U. (2002). Undoing Gender in der Schule. Eine empirische Studie über Koedukation und Geschlechtsidentität im Physikunterricht. Weinheim/München: Juventa.

Kessels, U. (2005). Fitting into the stereotype: How gender-stereotyped perceptions of prototypic peers relate to liking for school subjects. European Journal of Psychology of Education, 20 (3), 309-323.

Kessels, U. (2012). Selbstkonzept: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), Mädchen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten. Münster: LIT-Verlag, 165-191.

Kessels, U. (2013). Geschlechtsunterschiede in der Schule: Wie die Identitätsentwicklung Jugendlicher mit ihrem schulischen Engagement interagiert. In E. Kleinau, D. Schulz & S. Völker (Hrsg.). Gender in Bewegung. Aktuelle Spannungsfelder der Queer und Gender Studies. Bielefeld: transcript-Verlag, 91-106.

Kessels, U. & Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. In B. Spinath & E. Heise (Hrsg.), Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen. Hamburg: Kovac, 53-67

Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. Münster: Waxmann, 398-412.

Kessels, U. & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster: Waxmann, 350-369.

Kessels, U. & Hannover, B. (2008). When being a girl matters less. Accessibility of gender-related self-knowledge in single-sex and coeducational classes. British Journal of Educational Psychology, 78 (2), 273–289.

Kessels, U. & Heyder, A. (im Druck). Unterrichtsstörungen als geschlechtsspezifisches Problem? Friedrich Jahresheft.

Kessels, U., Heyder, A., Latsch, M. & Hannover, B (2014). How gender differences in academic engagement relate to students' gender identity. Educational Research, 56, (2), 219-228.

Kessels, U., Rau, M. & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. British Journal of Educational Psychology, 74 (4), 761-780.

Kessels, U. & Steinmayr, R. (2013). Der subjektive Wert von Schule in Abhängigkeit vom verbalen und mathematischen Selbstkonzept. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27 (1-2), 105-113.

Kessels, U. & Taconis, R. (2012). Alien or alike? How the perceived similarity between the typical science teacher and a student's self-image correlates with choosing science at school. Research in Science Education, 42 (6), 1049-1071.

Kessels, U., Warner, L.M., Holle, J., & Hannover, B. (2008). Identitätsbedrohung durch positives Leistungsfeedback. Die Erledigung von Entwicklungsaufgaben im Konflikt mit schulischem Engagement. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 40, 22-31.

Martin, C. L., Eisenbud, L. & Rose, H. (1995). Children's Gender-Based Reasoning about Toys. Child Development, 66 (5), 1453-1471.

Niedenthal, P. M., Cantor, N. & Kihlstrom, J. F. (1985). Prototype matching: A strategy for social decision making. Journal of Personality and Social Psychology, 48 (3), 575-584.

Nosek, B. A., Banaji, M. R. & Greenwald, A. G. (2002). Math = male, me = female, therefore math ≠ me. Journal of Personality and Social Psychology, 83 (1), 44–59.

Organization for the Economic Co-operation and Development (OECD) (2004). Lernen für die Welt von morgen. Erste Ergebnisse von PISA 2003. Paris: OECD.

Rommes, E., Overbeek, G., Scholte, R., Engels, R. & De Kemp, R. (2007). 'I'm not interested in computers': Gender-based occupational choices of adolescents. Information, Communication & Society, 10, 299-319.

Steffens, M. C., Jelenec, P. & Noack, P (2010). On the leaky math pipeline: Comparing implicit math-gender stereotypes and math withdrawal in female and male children and adolescents. Journal of Educational Psychology, 102 (4), 947–963.

Steinmayr, R. & Spinath, B. (2010). Konstruktion und erste Validierung einer Skala zur Erfassung subjektiver schulischer Werte (SESSW). Diagnostica, 56, 195–211.

Taconis, R. & Kessels, U. (2009). How choosing science depends on students' individual fit to the "science culture". International Journal of Science Education, 31 (8), 1115–1132.

van Ophuysen, S. (2008). Zur Veränderung der Schulfreude von Klasse 4 bis 7. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22, 293–306.

Rita Wodzinski Universität Kassel

Leistungsheterogenität im naturwissenschaftlichen Unterricht – methodische Ansätze und empirische Befunde

Die Frage, wie man im Unterricht mit Leistungsheterogenität angemessen umgeht, ist kein neues Thema. Im Zuge der internationalen Leistungsstudien mit Blick auf den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht hat dieses Thema jedoch neue Aufmerksamkeit bekommen. Die Veränderungen in der Schullandschaft sowie der inklusive Unterricht schaffen zusätzliche Notwendigkeiten, im Unterricht differenziert zu arbeiten. Dennoch wird Differenzierung aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive bisher wenig diskutiert. So gibt es z.B. nur zwei fachdidaktische Promotionen (Groß, 2013; Bruggman-Minnig, 2011), die das Thema Differenzierung aus Sicht der Naturwissenschaften explizit in den Blick nehmen.

In den Schulleistungsstudien wurde u.a. deutlich, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in den traditionellen Schularten jeweils stark streuen und gleichzeitig große Überlappungsbereiche zwischen den Schularten zu erkennen sind (z.B. Baumert et al., 2001, S. 238). Die Frage nach der Angemessenheit des dreigliedrigen Schulsystems wurde neu diskutiert. Ein angemessener Umgang mit der Heterogenität wurde gefordert, in der Erwartung,

1. die Schulleistungen insgesamt zu steigern,
2. Bildungsungleichheiten zu reduzieren, z.B. durch eine spezielle Förderung der Schülerinnen und Schüler am unteren Ende des Leistungsspektrums, und
3. besonders kluge Köpfe für den wissenschaftlichen Nachwuchs im Bereich der Naturwissenschaften zu gewinnen (Lange, 2003).

In pädagogischen Betrachtungen bezieht sich Heterogenität nicht vorrangig auf Leistungen, sondern schließt die Verschiedenheit der Schülerpersönlichkeiten insgesamt mit ein. Heterogenität muss aus dieser Perspektive auch nicht als Problem wahrgenommen werden, sondern wird als Ausdruck produktiver Vielfalt gesehen (Prengel, 2006). Ein angemessener Umgang mit Heterogenität hat entsprechend zum Ziel, jedes Kind in seiner Einzigartigkeit zu fördern, indem Lernbedingungen hergestellt werden, die möglichst optimale Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Differenzierung ist der Weg zur Realisierung unterschiedlicher Lernbedingungen, wobei die Leistungsentwicklung nur ein Aspekt der Lernentwicklung darstellt. Wichtig zu beachten ist auch, dass für die Herstellung optimaler Lernbedingungen nicht allein die Lehrperson Verantwortung trägt. Auch die Lernenden selbst sollen in die Lage versetzt werden, für sich gute Lernbedingungen zu schaffen. Differenzierung hat so gesehen auch das Ziel, bei Lernenden Fähigkeiten zur Selbststeuerung des Lernens anzubahnen. (In einem Themenheft von Unterricht Physik (Wodzinski et al., 2007) sind diese Ideen weiter ausgeführt und konkretisiert.)

Begriffsklärungen

Leistungsdifferenzierung lässt sich durch Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen umsetzen. Äußerer Differenzierung entsprechen Maßnahmen außerhalb des Klassenverbands. Dazu gehört die Zuweisung von Schülerinnen und Schülern in unterschiedliche Schularten, aber auch die Einrichtung unterschiedlicher Kursniveaus oder das Angebot von Zusatzkursen außerhalb des Unterrichts z.B. für besonders Begabte oder für Kinder mit speziellem Förderbedarf. Auch Schulen, die in hohem Maße individualisiert unterrichten, nutzen Formen der äußeren Differenzierung.

Innere Differenzierung (oder Binnendifferenzierung) betrifft Maßnahmen innerhalb des Klassenverbands. Eine klassische Form der Differenzierung besteht darin, dass Schülerinnen und Schüler je nach Leistungsniveau mit unterschiedlichen Lernumgebungen (Themen, Aufgabenschwierigkeit, Aufgabenmenge, Hilfen) arbeiten. Aber auch die besondere Unterstützung von Lernschwachen im Rahmen einer Gruppenarbeitsphase ist eine typische Form der inneren Differenzierung.
In der Literatur finden sich verschiedene Begriffe, die das Feld der Differenzierungsmöglichkeiten strukturieren, auch wenn die Begriffe insgesamt nicht scharf definiert sind. In der Mathematikdidaktik werden mit dem Begriff „natürliche Differenzierung“ (Wittmann & Müller, 2004) Maßnahmen beschrieben, bei denen allen Schülerinnen und Schüler mit der gleichen Lernumgebung arbeiten, die jedoch individuelle eigene Wege zulässt. Zu dieser Form der Differenzierung kann auch der Einsatz von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen gezählt werden. Entsprechendes Material wird als selbstdifferenzierend bezeichnet. Eine weitere brauchbare Unterscheidung ist die in reaktive und proaktive Differenzierung (Weinert, 1997; Tomlinson, 2003). Reaktive Differenzierung liegt dann vor, wenn eine Lehrkraft den Unterricht für ein durchschnittliches Niveau plant, im Unterricht aber darauf reagiert, wenn Schüler unterschiedlich gut mit dem geplanten Konzept zurechtkommen. Proaktive Differenzierung meint im Vergleich dazu die bewusste Planung des Unterrichts mit Berücksichtigung der unterschiedlichen Leistungsniveaus. Häufig wird der Begriff der Individualisierung als Spezialfall der Differenzierung verstanden. Wischer und Trautmann (2012) dagegen grenzen beide Begriffe klar voneinander ab: Differenzierung meint Maßnahmen, die auf eine Unterrichtsstunde oder eine Unterrichtsreihe begrenzt sein können. Individualisierung dagegen ist ein grundlegenderes Konzept, das ohne strukturelle Unterstützung nicht umgesetzt werden kann. Individualisierung ist z.-B. verknüpft mit der Arbeit an Kompetenzrastern und Lernportfolios. Individualisierung schließt im Gegensatz zur Differenzierung mit ein, dass differenzierte Lernziele für einzelne Schülerinnen und Schüler formuliert werden. Ein weiterer häufig verwendeter Begriff im Umfeld der Differenzierung ist der adaptive Unterricht. Damit ist Unterricht gemeint, in dem proaktiv differenziert wird. Lehrkräfte müssen dazu über adaptive Lehrkompetenz verfügen (Beck, 2008).

Leistungsdifferenzierung in der Praxis
Zur Frage, in welchem Umfang und auf welche Weise Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt wird, ist die Datenlage vergleichsweise unübersichtlich und lückenhaft: Die Dissertation von Martina Bruggmann Minnig (2011) nimmt die Vorstellungen von Lehrkräften zur Differenzierung in den Blick und vergleicht diese mit deren tatsächlichem Unterrichtshandeln. In diesem Zusammenhang wurden Unterrichtsvideos mit Blick auf Differenzierung ausgewertet. Die Anlage der Studie verlangte allerdings eine Beschränkung auf Videos von zehn Lehrkräften. In einer Studie von Sabine Gruehn (2000) wurden umfangreichere Daten zur Differenzierung aus dem Jahr 1991/92 ausgewertet, die angesichts des Alters der Daten aber relativiert werden müssen. Auch in den PISA-Erhebungen spielt Differenzierung eine Rolle. Hier wurde allerdings nicht fächerspezifisch gefragt. Umfangreiche Daten liefert die österreichische Zusatzstudie zu PISA 2009 (Mayr et al., 2010).
Zusammenfassend ergibt sich aus den vorliegenden Erhebungen folgendes Bild:
- Differenzierung findet am Gymnasium seltener statt als an anderen Schularten (Seidel et al., 2007; Gruehn, 2000; Mayr et al., 2010).
- In Mathematik wird häufiger differenziert als in Physik und Biologie (Gruehn, 2000; Krammer et al., 2010).
- Differenzierung mit Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades kommt eher selten vor (Bruggmann Minnig, 2011; Solzbacher, 2009).

- Häufigere Differenzierungsformen sind die Unterstützung von Lernschwachen, die Gewährung von unterschiedlich viel Zeit (Tempodifferenzierung) und die Zuweisung von Zusatzaufgaben für Leistungsstarke (Mayr et al., 2010).

In der IPN-Videostudie (Seidel, 2007) konnte gezeigt werden, dass im deutschen Physikunterricht an Gymnasien im Schnitt 15% der Unterrichtszeit auf Schülerarbeitsphasen entfällt, an Realschulen 28%. Im Mathematikunterricht ist der Anteil etwa doppelt so groß. Dies erklärt den Unterschied in der Umsetzung von Differenzierung in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern.

Weiteren Aufschluss über die Umsetzung von Differenzierungsmaßnahmen gibt die deutsche nationale Ergänzungsstudie zu PISA 2006. Hier wurden die Lehrkräfte in einem Lehrerfragebogen zur methodischen Gestaltung des Unterrichts befragt. Dabei wurde zwischen Mathematik und Naturwissenschaften jedoch nicht unterschieden (Frey et al., 2009). Das Ergebnis einiger Items ist in Abbildung 1 dargestellt.

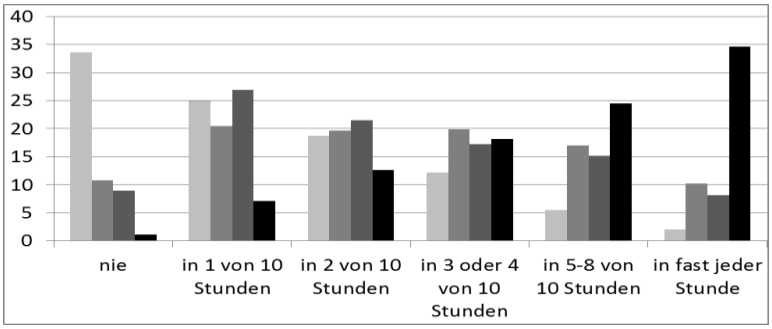


Abb. 1: Häufigkeit von differenzierenden Maßnahmen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Die zugehörigen Items lauteten (von links nach rechts):

1. (hellgrau): Bei Gruppenarbeit unterscheide ich verschiedene Leistungsgruppen, die jeweils gesonderte Aufgaben erhalten.
2. (mittelgrau): Ich lasse schnellere Schülerinnen und Schüler schon zum nächsten übergehen, während ich mit den langsameren noch übe oder wiederhole.
3. (dunkelgrau): Leistungsstarken Schülerinnen und Schülern gebe ich Extraaufgaben, durch die sie wirklich gefordert werden.
4. (schwarz): Ich gebe schwachen Schülerinnen und Schülern zusätzliche Unterstützung im Unterricht.

(Daten aus Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K. et al. 2009, S. 291)

In der österreichischen nationalen Zusatzstudie zu PISA 2009 wurde die Häufigkeit von Differenzierungsmaßnahmen aus Sicht der Schülerinnen und Schüler erhoben (Mayr et al., 2010). Dabei wurde jedoch nicht nach Fächern unterschieden (siehe Tabelle 1).

Nach Schulformen unterschieden zeigt sich, dass Differenzierung an der allgemeinbildenden höheren Schule (vergleichbar mit dem Gymnasium) etwas weniger häufig vorkommt als an der allgemeinbildenden Pflichtschule (vergleichbar mit der Hauptschule). Dies betrifft am deutlichsten die Wahl von Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades. (Eine ausführliche Ableitung von Konsequenzen aus der österreichischen Studie findet man bei Altrichter et al. (2009).)

Tab. 1: Häufigkeit von Differenzierungsmaßnahmen aus Schülersicht (alle Fächer) (Mayr et al., 2010)

Angaben in % (alle Fächer)	**nie oder fast nie**	**1-2 mal im Monat**	**1-2 mal pro Woche**	**fast jeden Tag**
Unterstützung durch Mitschüler	14,4	25,4	33,1	27,0
Tempo	22,8	28,3	32,3	16,7
Unterstützung durch Lehrer	20,8	32,7	31,3	15,2
individuelle Lerntipps	24,1	30,8	30,3	14,7
Wahl Lernmethode	36,6	25,4	22,4	15,6
Wahl Sozialform	41,9	31,9	19,4	6,8
Wahl Schwierigkeitsgrad	50,0	27,3	17,5	5,2
Wahl Prüfungsformen	56,9	25,2	12,5	5,8
Wahl Thema	49,4	39,6	9,7	1,3
Hausaufgaben	73,7	12,2	10,2	3,8

Ergebnisse zur Wirksamkeit von Leistungsdifferenzierung

Zur Beurteilung der Wirkungen von Differenzierungsmaßnahmen werden in der Literatur üblicherweise Studien aus unterschiedlichen Fächern und Schulstufen zusammengefasst (Hattie, 2009; Schneider & Ludwig, 2012). Im Folgenden werden zunächst die so gefundenen fachunspezifischen Befunde zusammen getragen und durch fachspezifische Studien ergänzt. Der Fokus richtet sich jeweils auf Effekte bezogen auf Leistungen.

Äußere Differenzierung

Die Effekte äußerer Differenzierung auf Leistung sind insgesamt klein. Von äußerer Differenzierung profitieren am ehesten Hochbegabte. Falls in Kurse differenziert wird, gilt aber für Schülerinnen und Schüler unabhängig vom Leistungsniveau, dass die Zuordnung zu einem höheren Leistungsniveau im Schnitt auch zu vergleichsweise höheren Leistungen führt (Schneider & Ludwig, 2012).

Für die Naturwissenschaften liegt eine Studie von Hoffer (1992) vor, in der die Leistungsentwicklung im Fach Science und in Mathematik in den Klassen 7, 8 und 9 untersucht wurde, und zwar abhängig davon, ob der Unterricht in Niveaukursen (3 Niveaus) erteilt wurde oder nicht. Die Studie zeigte negative Effekte der Differenzierung in Niveaukurse auf die Leistungen in Mathematik und Science. Leistungsstarke profitierten zwar geringfügig von der Differenzierung, die negativen Effekte auf Leistungsschwache waren jedoch größer. Eine weitere Studie von Ireson et al. (2005) untersuchte, inwieweit sich das Ausmaß an Differenzierung in Kurse während der Schulzeit auf den Lernerfolg in der Abschlussprüfung (GCSE) auswirkt. Dazu wurden Schulen nach der Zahl der Fächer und der Zahl der Schuljahre unterschieden, in denen der Unterricht in Kursen erteilt wurde. Die Studie ergab zwar insgesamt positive Effekte der Differenzierung auf Leistung, für das Fach Science waren die Effekte jedoch (im Gegensatz zu Mathematik und Englisch) nicht signifikant. Deutlich zeigte sich auch hier ein Effekt der Kurszuordnung. Wurden die Schülerinnen und Schüler entsprechend ihrer Leistungen in Klasse 9 (das entspricht dem Key Stage Level 3) gruppiert und deren Leistungen im GCSE verglichen, ergab sich, dass die Schülerinnen und Schüler im mittleren Niveau von einer höheren Kurszuordnung in besonderem Maße profitieren (siehe Tabelle 2).

Tab. 2: Bewertung im Science Abschlussexamen (GSCE Klasse 12) in Abhängigkeit von der Kurszuordnung (hohes/mittleres/niedriges Niveau) bei gleicher Leistung in Key Stage 3-Test (Klasse 9).

Key Stage 3 Level	**Leistung im GCSE**			**n**
	hoch	**mittel**	**niedrig**	
2 (schwach)			1,5	21
3	2,8	2,4	2,2	300
4	3,7	3,6	3,0	957
5	5,0	4,5	4,2	1305
6	5,7	5,4	5,3	912
7	6,9	6,7		262
8 (sehr gut)	7,4			19

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es global gesehen wenig Unterschied macht, ob in Kursen differenziert unterrichtet wird. Für Leistungsstarke ist äußere Differenzierung tendenziell positiv, für Leistungsschwache aber eher negativ. Wenn in Kursen differenziert wird, dann macht es individuell für jeden Einzelnen allerdings einen deutlichen Unterschied, welchem Kursniveau er oder sie zugewiesen wurde. Ein Kurs mit höherem Niveau ist für alle Schülerinnen und Schüler die bessere Bedingung.

Innere Differenzierung

Verschiedene Übersichtsartikel (Kulik & Kulik, 1992; Lou et al., 1996, Lou et al., 2000, Lüders & Rauin, 2004) bescheinigen der inneren Differenzierung fachunspezifisch betrachtet positive Wirkungen auf Leistung. Die Effekte sind jedoch eher klein. Bei leistungsstarken Schülerinnen und Schülern sind die Effekte größer als bei Lernenden mittleren oder niedrigen Niveaus. In der Primarstufe sind die Effekte größer als in der Sekundarstufe. In diesem Kontext ist auch das Ergebnis von Bedeutung, dass geöffneter Unterricht im Vergleich zu direkter Instruktion meist weniger effektiv ist (Bohl et al., 2012).

Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ist die Arbeit von Sabine Gruehn (2000) interessant. Sie hat im Rahmen der BIJU-Studie (Bildungsverläufe und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter) die Leistungsentwicklung zu drei Messzeitpunkten innerhalb der 7. Klasse (Schuljahr 91/92) in verschiedenen Schularten für die Fächer Mathematik, Biologie und Physik erhoben und dabei den Einfluss binnendifferenzierender Maßnahmen untersucht. Die Skala binnendifferenzierender Maßnahmen bezieht sich dabei auf „Unterrichtsstrategien im Hinblick auf leistungsrelevante Aufgabenstellungen durch Vergabe unterschiedlicher Lernmaterialien sowie leistungsabhängige Anforderungsniveaus bei Lehrerfragen“ (Gruehn, S. 131). Sie wurde durch Schülerfragebögen erhoben.

Insgesamt zeigten sich signifikant negative Korrelationen zwischen binnendifferenzierenden Maßnahmen und dem Lernzuwachs in allen drei Fächern und zwar unabhängig von der Schulform. Gruehn erklärt diesen unerwarteten Effekt mit der Unterrichtszeit, die für die Organisation von Differenzierung benötigt wird, und der Tatsache, dass Lehrkräfte, die sich vermehrt den Lernschwachen unterstützend widmen, weniger Einfluss auf den Rest der Gruppe nehmen können. Helmke (2003) kommentiert in einer Rezension der Arbeit die Ergebnisse in folgender Weise:

„Angesichts der dominierenden Rolle, die Fragen der ‚Individualisierung‘ und ‘Leistungsdifferenzierung’ nach PISA 2000 spielen, sowohl innerhalb der KMK als auch in der wissenschaftlichen Diskussion, sollte diesen Ergebnissen der BIJU-Studie, die auf mögliche Sackgassen der Binnendifferenzierung hinweisen, große Aufmerksamkeit geschenkt werden” (Helmke, 2003, S. 4).

Insgesamt deuten die Ergebnisse zur inneren Differenzierung darauf hin, dass es weniger darauf ankommt, ob differenziert wird, sondern vielmehr, wie differenziert wird und inwiefern der Unterricht insgesamt Merkmale guten Unterrichts aufweist.

Gruppenbildung heterogen-homogen

Eine weitere Möglichkeit, der Leistungsheterogenität zu begegnen, ist die Nutzung kooperativer Lernformen. In diesem Zusammenhang ist die Art der Gruppenzusammensetzung vielfach untersucht worden. Dahinter steht die Frage, ob Schülerinnen und Schüler in heterogen zusammengesetzten Gruppen besser lernen als in homogen zusammengesetzten Gruppen bzw. für welche Schülerinnen und Schüler welche Bedingung lernförderlicher ist. Die Metaanalyse von Lou et al. (1996), in die 16 Studien aus dem Bereich Mathematik, Technik und Naturwissenschaften eingegangen sind, ergibt keinen signifikanten Effekt für die Gruppenzusammensetzung auf die Leistung.

Beispielhaft kann eine Studie von Saleh et al. (2005) Einblicke geben. In der Studie wurde Biologieunterricht in einer 4. Klasse in Kuwait untersucht. Fünf vierte Klassen wurden jeweils in Vierergruppen unterteilt, wobei pro Klasse sowohl leistungshomogene als auch heterogene Gruppen gebildet wurden. Leistungshomogene Gruppen wurden in drei Niveaus unterschieden (stark, mittel, schwach). Die leistungsheterogenen Gruppen wurden aus einen leistungsstarken, einem leistungsschwachen Kind und zwei Kindern aus dem Mittelfeld gebildet. Der Unterricht erstreckte sich über 16 Stunden zum Thema Obst und Gemüse. Die Stunden begannen jeweils mit einer Einführung im Klassenverband, an die sich eine kooperative Arbeitsphase anschloss, die sich methodisch an der STAD-Methode nach Slavin (1994) orientierte.

Die Ergebnisse im Leistungstest für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichem Leistungsniveau abhängig von den verschiedenen Bedingungen zeigt Abbildung 2.

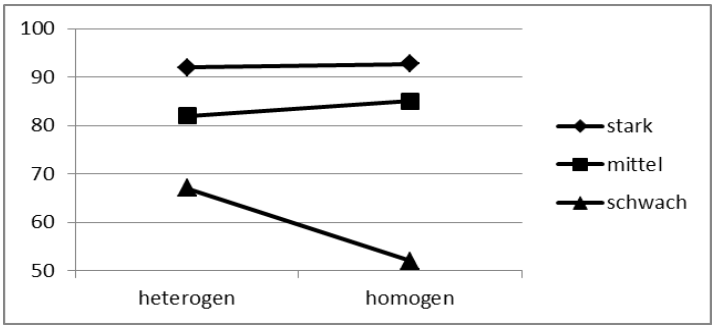


Abb. 2: Leistungen im Abschlusstest in Abhängigkeit von der Gruppenzusammensetzung (heterogen/ homogen) und dem Leistungsniveau im Vortest.

Die Abbildung zeigt: Leistungsschwache profitieren in Bezug auf Leistung deutlich von heterogenen Gruppen, Schülerinnen und Schüler im mittleren Leistungsniveau eher von homogenen Gruppen.

Es wurden auch Effekte auf Motivation erfasst, und zwar mit dem Test „How I feel about working in school today“ (siehe Abbildung 3).

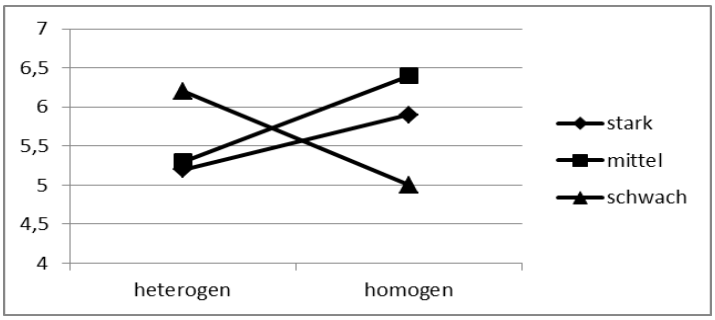


Abb. 3: Motivationale Effekte in Abhängigkeit von der Gruppenzusammensetzung (heterogen/homogen) und dem Leistungsniveau.

Auch hinsichtlich der Motivation profitieren Leistungsschwache von heterogenen Gruppen, während Schülerinnen und Schüler im Mittelfeld und Leistungsstarke eher von homogenen Gruppen profitieren.
Die Untersuchung gibt darüber hinaus auch einen Einblick in die Qualität und Art der Zusammenarbeit in der Gruppe. In jeder Gruppe wurden in drei der 16 Unterrichtsstunden jeweils 10 Minuten der Gruppenarbeit videografiert. In den Transkripten wurden anschließend kommunikative Episoden identifiziert, die in die drei Kategorien Fragen, Konflikte und Begründungen unterschieden wurden. Jede dieser Episoden wurde nochmals danach unterschieden, ob im Wesentlichen eine Einzelperson kognitiv beigetragen hat (individuelle Elaboration) oder ob die Episode eine echte Zusammenarbeit mehrerer Personen darstellt (kollaborative Elaboration). Für jede Gruppe wurden die Episoden entsprechend ausgezählt und die prozentuale Häufigkeit der Episoden innerhalb der Gruppe ausgewertet.

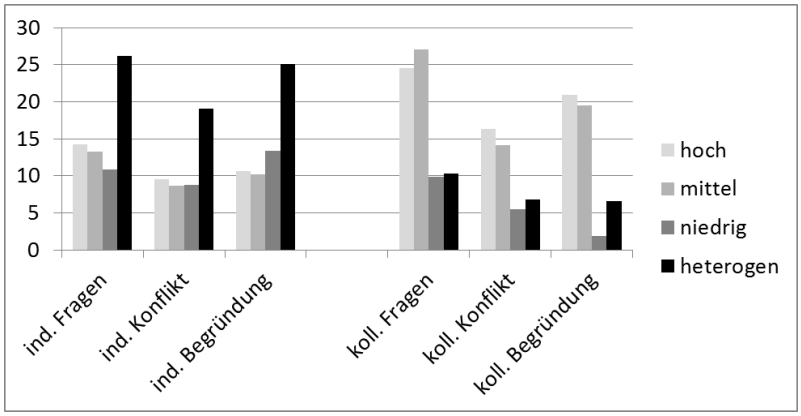


Abb. 3: Kommunikationsmuster abhängig von der Gruppenzusammensetzung (homogen hohes/mittleres/niedriges Leistungsniveau bzw. heterogen)

Abbildung 3 fasst die Ergebnisse zusammen. Man erkennt, dass in den homogen leistungsschwachen Gruppen und in den heterogenen Gruppen wenig kollaborative Elaborationen zu erkennen sind. Bei genauerer Betrachtung der Kommunikation in den heterogenen Gruppen zeigt sich, dass die Lernschwachen achtmal so viele Fragen stellen wie die Schüler im Mittelfeld. Leistungsstarke stellen keine Fragen, geben aber zu 75% die Antworten bzw. Begründungen.

Zusammenfassend erweisen sich die Effekte der inneren Differenzierung für den naturwissenschaftlichen Unterricht als unklar. Bei Gruppenbildung profitieren Leistungsstarke und Schüler mittleren Niveaus davon, wenn sie unter sich sind. Leistungsschwache dagegen profitieren kognitiv und emotional von der Anwesenheit der Leistungsstärkeren.

Brauchen wir mehr Differenzierung und Individualisierung?

Angesichts der vergleichsweise geringen und auf die Naturwissenschaften bezogen unklaren Befunde zur Wirkung von Differenzierung müssen die Forderungen nach mehr Differenzierung und mehr Individualisierung durchaus kritisch betrachtet werden. Wenn die Forschung zeigt, dass Differenzierung nicht die erwarteten Wirkungen entfaltet, dann ist zu fragen, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit differenzierende Maßnahmen ihre Wirkung entfalten können.

Auf Seiten der Lehrkraft setzt Differenzierung voraus, dass Lehrkräfte die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler im Blick haben. In der Studie von Kobarg (2007) zeigte sich, dass dies häufig nicht der Fall ist. Andere Studien zeigen, dass Lehrkräfte Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern häufig nicht erkennen (z.B. Draude&Wodzinski 2014). Die Wahrnehmungs- und Diagnosekompetenz von Lehrkräften wird aktuell von verschiedenen Arbeitsgruppen beforscht (z.B. Cappell, 2013; Rath & Reinhold, 2013; Meschede, 2014). Neben der Fähigkeit, den Lernstand der Schülerinnen und Schüler und das Anforderungsniveau von Lernumgebungen passend einschätzen zu können, müssen Lehrkräfte über ein Repertoire an Methoden verfügen, um entsprechend auf die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler reagieren zu können. Auch müssen sie in der Lage sein, den Lernenden passende und differenzierte Rückmeldungen zu geben.

Auf Seiten der Schülerinnen und Schüler setzt Differenzierung ein gewisses Maß an Lernbereitschaft voraus. Fehlt es an Lernbereitschaft, muss die Lehrkraft auch daran gezielt arbeiten, damit Schülerinnen und Schüler das Lernangebot überhaupt nutzen und nicht möglicherweise andere Schülerinnen und Schüler stören. Mehr Differenzierung bedeutet in jedem Fall ein höheres Maß an selbstständiger Arbeit. Dazu bedarf es auf Seiten der Schülerinnen und Schüler der Fähigkeit zur Selbststeuerung.

Differenzierung ist in verschiedener Hinsicht eine Zeitfrage. Für die Organisation der differenzierenden Maßnahmen wird Unterrichtszeit in Anspruch genommen. Auch die Vorbereitung und Auswertung differenzierten Unterrichts erfordert einen größeren zeitlichen Aufwand. Als weiterer Punkt ist zu bedenken, dass immer dann, wenn die Lehrkraft sich einer Gruppe spezifisch zuwendet, Zuwendungszeit für den Rest der Lerngruppe unweigerlich verloren geht (Wollring, 2012). Die Lehrkraft muss folglich sehr sorgsam abwägen, wie sie mit der ihr zur Verfügung stehenden Zeit umgeht.

Schulen, die das Konzept der Individualisierung verfolgen, reagieren auf diese Beschränkungen, indem sie nicht nur den Betreuungsschlüssel erhöhen, sondern auch durch zeitliche und räumliche Strukturen ein hohes Maß an Flexibilität ermöglichen. (Dies wurde auf der Tagung in der Posterpräsentation der Paula-Modersohn-Schule aus Bremerhaven besonders deutlich.) Fehlender Lernbereitschaft oder dem Aufbau von Selbststeuerung wird nicht im einzelnen Fach begegnet, sondern als Aufgabe der Schule insgesamt verstanden.

Angesichts dieser Sachlage sind kritische Stimmen zur Individualisierung keineswegs selten. Helmke (2010) erwähnt z. B., dass die führende amerikanische Bildungswissenschaftlerin Chall in der Individualisierung eine mögliche Ursache für Vereinsamung der Lernenden und daraus folgend mangelnde Lernbereitschaft sieht (vgl. Wischer & Trautmann, 2012). Auch Bohl (2012) schreibt:

„*Mit Blick auf die Wirksamkeit (von Individualisierung) kann schlicht und pointiert gefragt werden, ob der Zeitaufwand leistbar und angemessen ist oder ob sie (die Schülerinnen und Schüler) sich im Dienste einer hohen aktiven Lernzeit nicht eher mit fachbezogenen Aufgaben beschäftigen sollten statt mit der Verwaltung und Organisation von*

Kompetenzplänen. Andererseits kann eine sehr genaue Passung den individuellen Fortschritt in hohem Maße unterstützen"(Bohl et al., 2012; 446).
Die kritischen Stimmen mahnen, den erforderlichen Aufwand für Differenzierungsmaßnahmen sorgfältig abzuwägen und mit Veränderungen des Unterrichts eher in kleinem Rahmen zu beginnen.
Ein entscheidender Schlüssel für Differenzierung ist, dass Lehrkräfte den Blick auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler richten. Selbstdifferenzierendes Material kann vor diesem Hintergrund möglicherweise ein Weg sein, um Schülerinnen und Schülern individuelle Lernwege zu ermöglichen und Lehrkräften die Verschiedenheit der Schülerinnen und Schüler vor Augen zu führen, ohne den erforderlichen zeitlichen und materiellen Aufwand für differenzierende Maßnahmen zu sprengen.

Methodische Ansätze zum Umgang mit Leistungsheterogenität über Aufgaben
Aufgaben bieten in besonderer Weise Ansätze zur Differenzierung nach Leistung. In einem von der DFG geförderten Projekt der Universität Kassel wurde das Aufgabenformat der Aufgaben mit gestuften Hilfen weiterentwickelt und empirisch untersucht (Wodzinski & Stäudel, 2009; Franke-Braun, 2008; Schmidt-Weigand et al., 2009; Hänze et al., 2012). Dieses Aufgabenformat ist der natürlichen Differenzierung zuzuordnen. Das Aufgabenformat besteht aus einer komplexen, problemorientierten Aufgabenstellung, zu deren Bearbeitung die Schülerinnen und Schüler jeweils einen Satz von fünf bis sieben Hilfen erhalten. Die Aufgabenbearbeitung erfolgt in Zweiergruppen. Die Schülerinnen und Schüler können auf die Hilfen eigenständig zugreifen und werden über die Hilfen schrittweise zu einer Musterlösung geführt. Die Hilfen sind dabei zweigeteilt: Der erste Teil enthält jeweils eine Frage oder einen Impuls zum Weiterdenken, während der zweite Teil die zugehörige Antwort bereithält. Die Hilfen sind so konzipiert, dass implizit typische Problemlöseschritte genutzt werden, die jedoch immer mit konkretem Bezug zur Aufgabe formuliert sind. Die Hilfen folgen etwa folgendem Muster:
1. Paraphrasierung (die Aufgabenstellung klären)
2. Fokussierung (den Kern der Aufgabenlösung erfassen)
3. Visualisierung (eine Repräsentation des Problems erstellen, um Ideen zu entwickeln)
4. weiterer Informationsinput (zusätzliche Informationen beschaffen)
5. Verifizierung (den Lösungsweg rekapitulieren)

Dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler selbst entscheiden können, in welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt sie die Hilfen nutzen, können sie das Ausmaß der Unterstützung selbst bestimmen. Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler können die Aufgabe im Prinzip ohne Hilfen bearbeiten und sich über die Hilfen eine Bestätigung über den korrekten Lösungsweg verschaffen. Leistungsschwache können beim Durcharbeiten der Hilfen dennoch Verständnis aufbauen. Untersuchungen haben gezeigt, dass es mit den Hilfen insbesondere gelingt, Ausstiege aus der Aufgabenbearbeitung zu verhindern. In empirischen Studien konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass Aufgaben mit gestuften Lernhilfen das Lernen effektiv anregen, und zwar in Einzel- wie in Partnerarbeit. In der Partnerarbeit wird das Lernerleben positiv beeinflusst und die sachbezogene Kommunikation angeregt. Einschränkend ist allerdings auch zu betonen, dass die Lernwirksamkeit stark von der konkreten Aufgabe und den zugehörigen Hilfen abhängt. In einer Folgestudie wurde die Wirksamkeit des Aufgabenformats auch für die Durchführung von Experimenten untersucht. Hier konnte die positive Wirkung nicht bestätigt werden. Inwieweit die Wirkungen bei vermehrtem Einsatz gesteigert können, ist unklar.
Blütenaufgaben sind ein anderes Aufgabenformat zur Differenzierung, das aus der Mathematik kommt, aber auch im naturwissenschaftlichen Unterricht für die Differenzierung sinnvoll genutzt werden könnte. Die Idee dieses Aufgabenformats beruht darin, dass zu einem Aufgabenkontext vier Teilaufgaben mit unterschiedlichem

Öffnungsgrad präsentiert werden. Die Schülerinnen und Schüler wählen eigenständig aus, welche der Teilaufgaben sie bearbeiten wollen. Es wird erwartet, dass die Motivation durch die Wahlmöglichkeiten gesteigert werden kann. Zusätzlich ist für die Auswahl der Aufgaben erforderlich, dass die Schülerinnen und Schüler den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben selbst einschätzen. Dies erfordert ein gewisses Maß an metakognitiven Fähigkeiten, die durch diesen Aufgabentyp angeregt werden. Bei der Besprechung der Aufgabe im Plenum sollte aus Zeitgründen eine Auswahl von zwei der vier Teilaufgaben getroffen werden. Die Kontrolle der restlichen Aufgaben kann über Musterlösungen erfolgen.
Hinweise zur Umgestaltung von bestehenden Aufgaben für Differenzierungszwecke finden sich in Wodzinski (2007).

Perspektiven für Forschung und Entwicklung

Der Blick in die Praxis und der Blick auf den Forschungsstand zur Differenzierung lassen zahlreiche Möglichkeiten der Forschung und Entwicklung erkennen. Ein guter Ansatzpunkt für eine sinnvolle Weiterentwicklung bestehender Praxis sind die bereits häufig eingesetzten Methoden der Differenzierung wie die Unterstützung durch die Lehrkraft oder die Tempodifferenzierung. Darüber, wie angemessen und effektiv diese Differenzierungsformen verwendet werden ist wenig bekannt. Es würde sich deshalb lohnen, die bestehende Praxis differenziert zu untersuchen, um Optimierungen auszuloten und zu erproben. Ein wichtiger Baustein wird darauf aufbauend eine gezielte Sensibilisierung der Lehrkräfte und die Förderung adaptiver Lehrkompetenz bei der Unterstützung von Lerngruppen sein. Methodische Hilfen für Lehrkräfte und/oder Schülerinnen und Schüler können weitere Elemente sein, um Lernzeit in Phasen der traditionellen Aufgabenbearbeitung optimal zu nutzen.
Auch das Angebot an empirisch erprobten selbstdifferenzierenden Unterrichtsmaterialien sollte ausgebaut werden. Die Blütenaufgaben stellen dafür nur ein Beispiel dar. Darüber hinaus fehlt es im Unterricht an praktikablen Methodenwerkzeugen zur Diagnose von Schülerleistungen sowohl für die Hand des Lehrenden als auch der Lernenden. Die Frage, welche Rolle dabei neue Medien einnehmen können, drängt sich in Zeiten rasanter Veränderungen in den Klassenzimmern zunehmend auf (z.B. Kohnen, 2011).
Des Weiteren lohnt der Blick auf das Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler im Kontext der Differenzierung. Fragen, die zum Gegenstand pädagogischer Forschung gemacht werden können, sind:

- Wie verändern sich Selbststeuerungskompetenzen des Lernens durch Differenzierung?
- Auf welche Weise lässt sich die Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung für das eigene Lernen gezielt fördern?
- Wie lässt sich das „Voneinander lernen“ unterschiedlich leistungsstarker Schülerinnen und Schüler im Klassenverband unterstützen?

Tomlinson kam bereits vor über 10 Jahren in Bezug auf Differenzierung zu dem Schluss „For researchers with an interest in this area of inquiry, the possibilities are virtually without limits“ (Tomlinson 2003, 145). Es scheint, als habe sich daran bis heute wenig geändert.

Literatur

Altrichter, H; Trautmann, W., Wischer, B. et al. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen. Das Qualitätspotenzial von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In: Specht, Werner (Hrsg.): Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009. 2. Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen. Graz: Leykam, 341-360

Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M. et al. (Hg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske+Budrich.

Beck, E. et al. (2008). Adaptive Lehrkompetenz. Münster: Waxmann

Bohl, T., Batzel, A., & Richey, P. (2012). Öffnung-Differenzierung-Individualisierung-Adaptivität. Charakteristika, didaktische Implikationen und Forschungsbefunde verwandter Unterrichtkonzepte zum Umgang mit Heterogenität. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.),

Binnendifferenzierung Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht. Immenhausen bei Kassel: Prolog, 40-69

Bruggmann Minnig, M. (2011). Innere Differenzierung im Physikunterricht. Eine multimethodische Analyse von Lehr-Lern-Überzeugungen und unterrichtlichem Handeln. Basel 2011

Cappell, J. (2013). Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase. Berlin: Logos

Draude, M; Wodzinski, R. (2014) Diagnosekompetenz von Physiklehrkräften bei Schülerexperimenten. In diesem Band.

Franke-Braun, G. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Berlin: Logos

Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K. et. al. (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch. Münster: Waxmann

Groß, K. (2013). Experimente alternativ dokumentieren – eine qualitative Studie zur Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung. Studien zum Physik- und Chemielernen Band 154. Berlin: Logos Verlag

Gruehn, S. (2000). Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung. Münster: Waxmann

Hänze, M, Schmidt-Weigand, Wodzinski, R. (2012). How can self-regulated problem solving be implemented in the school curriculum? Results from a research project on incremental worked examples. In: Edwards, M.; Adams, O. (Hrsg.), Learning strategies, expectations and challenges. Hauppauge, NY: Nova Publishers, S. 45-69

Hattie (2009). Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. New York: Routledge

Helmke, A. (2003). Buchbesprechungen: Sabine Gruehn: Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung. Münster: Waxmann. Zeitschrift für Pädagogik, 3 (49), 443-447.

Helmke, A. (2010). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer.

Hoffer, Th.B. (1992). Middle School Ability Grouping and Student Achievement in Science and Mathematics. Educational Evaluation and Policy Analysis, 14 (3), 205-227

Ireson, J., Hallam, S., & Hurley, C. (2005). What are the effects of ability grouping on GCSE attainment? British Educational Research Journal, 31 (4), 443–458

Kobarg, M. & Seidel, T. (2007). Prozessorientierte Lernbegleitung - Videoanalysen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. Unterrichtswissenschaft, 35 (2), 148-168

Kohnen, M. (2011). Individualisierendes Lehren und Lernen anhand einer multimedialen Lernumgebung zum Thema Sonnenschutz. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. urn:nbn:de:hbz:464-20111005-092435-7

Krammer, K., Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Individuelle Unterstützung der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrperson während der Schülerarbeitsphasen. In K. Reusser, C. Pauli & M. Waldis (Hrsg.), Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht. Münster: Waxmann, 107-122

Kulik, C.-L.C. & Kulik, J.A. (1992). Meta-analytic findings on grouping programs. Gifted Child Quarterly, 36 (2), 73-77

Lange, Herrmann. (2003). Wie heterogen sind deutsche Schulen und was folgt daraus. In: Pädagogik.(9), 32-37

Lou, Y., Abrami, P.C., Spence, J.C., Poulsen, C., Chambers, B., & d'Apollonia, S. (1996). Within-class grouping: A meta-analysis. Review of Educational Research, 66, 423-458.

Lou, Y., Abrami, P.C., & Spence, J.C. (2000). Effects of Within-Class Grouping on Student Achievement: An Exploratory Model. The Journal of Educational Research, 94 (2), 101-112.

Lüders & Rauin (2004). Unterrichts- und Lehr-Lern-Forschung. In: Helsper, W./ Böhme, J. (Hrsg.): Handbuch der Schulforschung. Opladen, S. 691-720.

Mayr, J., Müller, F.H., & Sturm, T. (2010). Skalenbericht zum Themenbereich Differenzierung und Individualisierung. In: U. Schwantner & C. Schreiner (Hrsg.), PISA 2009. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Technischer Bericht. Salzburg

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Berlin: Logos

Prengel, Annedore. (2006). Pädagogik der Vielfalt. (3. Auflage). VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

Rath, V.; Reinhold, P. (2013). Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In S. Bernholt, (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München. Münster: Lit.

Saleh, M., Ard, W.Z., & De Jong, T. (2005). Effects of within-class ability grouping on social interaction, achievement, and motivation. Instructional Science, 33, 105–119

Schneider, C. & Ludwig, P.H. (2012). Auswirkungen von Maßnahmen der inneren Differenzierung auf Schulleistung und Fähigkeitsselbstkonzept im Vergleich zu Auswirkungen der äußeren Differenzierung. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), Binnendifferenzierung Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht. Immenhausen bei Kassel: Prolog, 72-106

Schmidt-Weigand, F; Hänze. M; Wodzinski, R. (2009) Complex Problem Solving and Worked Examples The Role of Prompting Strategic Behavior and Fading-in Solution Steps. Zeitschrift für pädagogische Psychologie. 23 (2) 129-138

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Herweg, C., Kobarg, M., Schwindt, K., & Dalehefte, I.M. (2007). Science teaching and learning in German physics classrooms. Findings from the IPN Video Study. In M. Prenzel (Ed.), Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme. Münster: Waxmann, 79-99

Slavin, R.E. (1994). Student Teams-Achievement Divisions. In S.Sharan, ed, Hand bookof Cooperative Learning Methods, pp. 3–19. Westport: Greenwood.

Solzbacher, C. (2009). Positionen von Lehrerinnen und Lehrern zur individuellen Förderung in der Sekundarstufe I – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II. 2. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag, 27-42

Tomlinson, C.A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C.M., Moon, T.R., Brimijoin, K., Conover, L.A., & Reynolds, T. (2003). Differentiating Instruction in Response to Student Readiness, Interest, and Learning Profile in Academically Diverse Classrooms: A Review of Literature. Journal for the Education of the Gifted, 27 (2-3), 119-145

Weinert, F.E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt: Unterschiedliche Lernfähigkeiten der Schüler erfordern variable Unterrichtsmethoden des Lehrers. In Friedrich-Jahresheft. Lernmethoden – Lehrmethoden – Wege zur Selbständigkeit. Seelze: Friedrich-Verlag, 50-52

Wischer, B. & Trautmann, M. (2012). Innere Differenzierung als reformerischer Hoffnungsträger? Eine einführende Problemskizze zu Leerstellen und ungelösten Fragen. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), Binnendifferenzierung Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht. Immenhausen bei Kassel: Prolog, 24-39

Wittmann, E.C., Müller, G.N. (2004). Das Zahlenbuch. Mathematik im 4. Schuljahr. Lehrerband Neubearbeitung. Leipzig: Klett Grundschulverlag

Wodzinski, R., Wodzinski, C.T., & Hepp, R. (Hrsg.) (2007). Themenheft "Differenzierung im Physikunterricht". Unterricht Physik Nr. 99/100. Seelze: Friedrich-Verlag

Wodzinski, R. (2007). Varianten. Aufgaben für Differenzierung umarbeiten. In: Unterricht Physik Nr. 99/100, 16-21.

Wodzinski, R. & Stäudel, L. (2009). Schritt für Schritt zur Lösung. Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Physikunterricht, Friedrich Verlag, Seelze.

Wollring, B. (2012). Die neue Nähe zwischen Lehrenden und Lernenden. Pädagogik nach Maß. In: Bildung bewegt, (12), 9-15

Gabriele Hornung TU Kaiserslautern
Jochen Mayerl
Christoph Thyssen

Evaluation der phasenübergreifenden Lehrerausbildung. Eine Längsschnittstudie zu Einstellungen und Verhalten von Referendaren

Verstärkte Anstrengungen, die Erträge fachdidaktischer Forschung auch in der Praxis sichtbar zu machen und in das Handeln der Lehrkräfte zu transferieren, setzen Kenntnisse über Einstellungen und Verhaltensintentionen der Lehrkräfte voraus. Beides sind zentrale Parameter, die die Unterrichtsqualität maßgeblich beeinflussen bzw. über die darauf eingewirkt werden kann.

Das Lehrerverhalten ist multifaktoriell bedingt, woraus sich verschiedene Ansatzpunkte für eine Intervention zur Optimierung im Hinblick auf gewünschtes Verhalten im Rahmen der Unterrichtsgestaltung und -durchführung ergeben. Nach der Theorie des geplanten Verhaltens (vgl. Abb. 1) ist das tatsächliche Verhalten vor allem durch die individuelle Intention, das Verhalten auszuführen, bedingt. Diese Verhaltensintention wird hauptsächlich durch drei Komponenten bestimmt: die Einstellung gegenüber dem Verhalten, die wahrgenommene Norm des Umfelds bzgl. des Verhaltens und die wahrgenommene Kontrolle über das Verhalten. Diese bilanzierenden Bewertungskomponenten basieren wiederum auf spezifischen Überzeugungen und Hintergrundfaktoren wie z. B. Persönlichkeitseigenschaften (vgl. Ajzen & Fishbein, 1980; Fishbein & Ajzen, 2010).

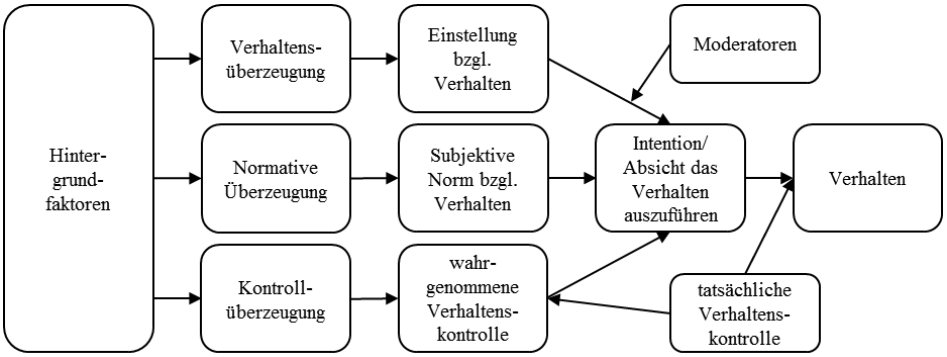


Abb. 1: Verhaltensmodell nach Ajzen und Fishbein (ergänzt um Moderatorbedingungen)

Um das Verhalten von Lehrkräften zu beeinflussen, müssen deshalb Maßnahmen getroffen werden, mit denen die drei die Verhaltensintention bestimmenden Komponenten als Grundlage des Verhaltens zielgerichtet so beeinflusst werden können, dass eine unterrichtlich gewünschte Verhaltensänderung sichtbar wird. Im Rahmen des Forschungsprojekts „EVA^3 PLUS“ soll das vorgestellte Verhaltensmodell theoretisch erweitert und empirisch überprüft werden. Die Erweiterung betrifft insbesondere mögliche Moderatoreffekte der Einstellungsstärke und der Art der Informationsverarbeitung bei der Generierung einer Verhaltensintention (vgl. Mayerl, 2009).

Das vom Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (Rheinland-Pfalz) geförderte Forschungsprojekt ist als mehrwellige Längsschnittstudie an allen Chemie- und Biologie-Studienseminaren in Rheinland-Pfalz für die Jahre 2014-2017 angelegt. Über

das gesamte Referendariat werden und wurden mit einem umfangreichen, standardisierten Tablet-Fragebogen Daten erhoben. Damit lassen sich die Experimentier-Intentionen und das tatsächliche Verhalten sowie die erfassten verhaltensbestimmenden Komponenten ermitteln und das Verhaltensmodell empirisch überprüfen.

Da in der Studie Rheinland-Pfalz-weit gleichzeitig für alle Referendare der Gymnasien Hintergrundfaktoren zur universitären Ausbildung, dem Studiengang, dem Fachwissen, den Experimentierkenntnissen und den wahrgenommenen schulischen Rahmenbedingungen erhoben wurden, können mit diesen Daten zudem gezielt Maßnahmen auf universitärer und schulischer Seite geplant werden. Solche Interventionen im Rahmen von Weiterbildungs- bzw. Ausbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte und Studierende können gleichzeitig im Sinne einer Qualitätskontrolle in weiterführenden Studien praxisnah im Unterricht empirisch untersucht werden. Die bisherige enge Kooperation mit den Fachleitern der Studienseminare ermöglicht aktuell bereits einen Input aus dem Projekt auch in die zweite Ausbildungsphase. Dies wird im Rahmen von Workshops mit den Fachleitern und Maßnahmen auf universitärer Seite mit Unterstützung des Ministeriums verzahnt.

Bezüglich des oben vorgestellten Verhaltensmodells haben nach derzeitiger Datenlage (n=162) die in Abbildung 2 fett markierten Faktoren für alle Ausbildungsgänge einen signifikanten Einfluss ($p<0,05$) auf die verhaltensbedingenden Komponenten Einstellung, soziale Norm und Verhaltenskontrolle. Beispielsweise hat der Aspekt des Zeitsparens bei der Unterrichtsgestaltung einen signifikanten Einfluss, während der Aspekt Interesse bei den Schülern zu wecken keinen signifikanten Einfluss hat. Für Biologie-Referendare haben die drei Komponenten der Verhaltenseinstellung, der subjektiven Norm und der Verhaltens-kontrolle einen signifikanten Einfluss ($p<0,05$) auf die Verhaltensintention. Bei Chemie-Referendaren gilt dies hingegen nicht für die subjektive Norm.

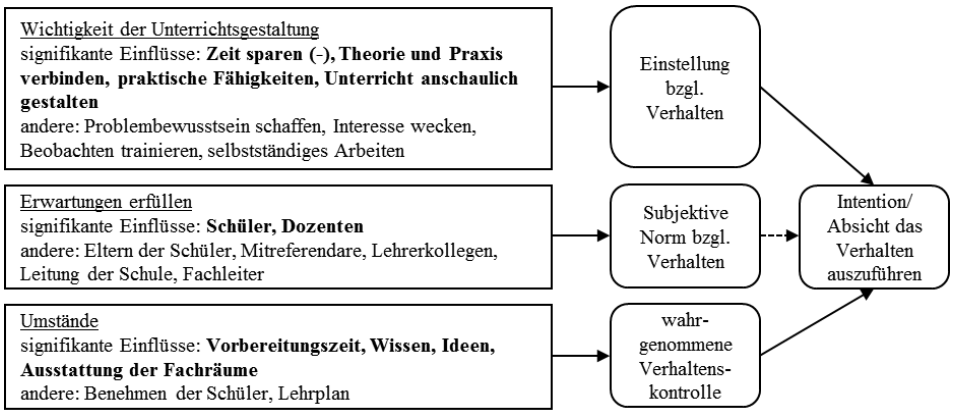


Abb. 2: Einflussfaktoren bzgl. des Einsatzes von Experimenten im Unterricht
Bemerkungen: durchgezogene Pfeile gelten für Biologie- und Chemie-Referendare, der gestrichelte Pfeil nicht für letztere; Intention: Index aus Wahrscheinlichkeit und beabsichtigte Experimentierhäufigkeit (Skala 0-1); alle anderen Variablen: 7-Punkte Rating-Skalen

Das Forschungsdesign des Projektes erlaubt zudem einen Vergleich der Lehrerausbildung vor und nach der BA/MA-Reform. Auswertungen der vorläufigen Daten zeigen dabei u. a., dass die Ausbildung im Bereich der Fachdidaktik von BA/MA-Absolventen als signifikant besser und auch das Wissen in diesem Bereich als signifikant höher eingeschätzt wird im Vergleich zu den "klassischen" Staatsexamens-Absolventen (vgl. Abb. 3).

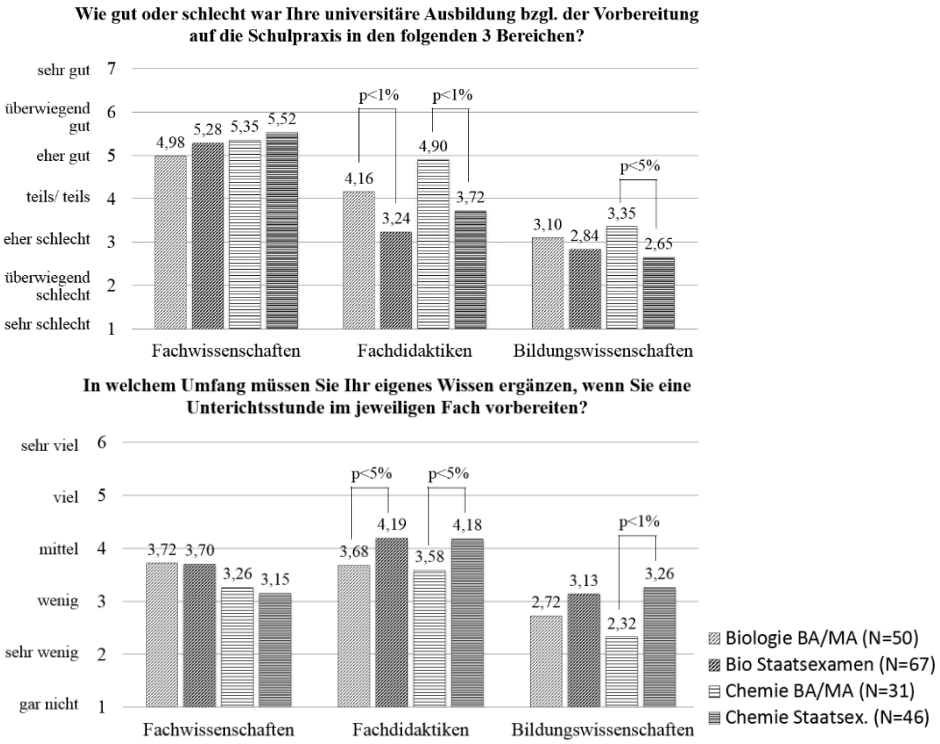


Abb. 3: Vergleich einzelner Ausbildungsaspekte im Staatsexamen und im BA/MA

Hinsichtlich des Einsatzes von Experimenten im Unterricht berichten die befragten Referendare, dass sie durchschnittlich jede 3. (Chemie) bzw. jede 5.-6. (Biologie) Unterrichtsstunde Experimente einsetzen. Chemie-Referendare berichten dabei von einer Ausgewogenheit zwischen Schüler- und Lehrerexperimenten, während in der Biologie Schülerexperimente überwiegen. Interessanterweise gibt es bei diesen Verhaltensweisen keinen signifikanten Unterschied zwischen BA/MA und Staatsexamen ($p>0,1$). Bezüglich beabsichtigten Experimentierverhaltens "planen" BA-MA-Absolventen der Biologie jedoch sig. häufiger Schülerexperimente als Staatsexamens-Absolventen ($p<0,05$), während dieser Unterschied bei Chemie-Referendaren nicht auftritt.

Perspektive

Wünschenswert ist eine langfristige Weiterführung und Erweiterung dieser Studie unter Einbezug weiterer Bundesländer, Arbeitsgruppen, der Einbindung der Schülerperspektive sowie zusätzlicher Disziplinen und deren fachgemäße Arbeitsweisen. Interventionen könnten dann als Teil der vernetzten Lehrerausbildung im Hinblick auf die Nachhaltigkeit ihres Effekts auf das Lehrerverhalten und die Unterrichtsqualität untersucht werden.

Literatur

Ajzen, I., Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behavior. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

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

Mayerl, J. (2009). Kognitive Grundlagen sozialen Verhaltens. Framing, Einstellungen und Rationalität. Wiesbaden: VS Verlag.

Jürgen Menthe Universität Hamburg
Jan Hauke Scheidel

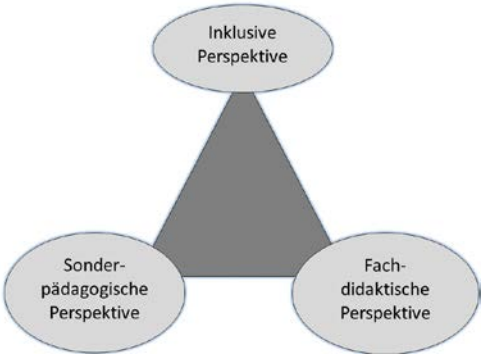
Inklusiver Chemieunterricht
Herausforderungen und Lösungsansätze

Einleitung

In diesem Beitrag wird eine Interviewstudie vorgestellt, die im Jahr 2014 an Hamburger Schulen durchgeführt wurde. Die Aussagen der Lehrkräfte belegen, dass die tägliche Praxis inklusiven Unterrichts die gute Idee einer „Schule für alle“ zu beschädigen droht.

Inklusion: zwei Perspektiven

Der Diskurs um den inklusiven Unterricht wird aus zwei sehr unterschiedlichen Perspektiven geführt. Aus Sicht von Politik und Bildungsadministration ist Inklusion eine politische Forderung; ein Menschenrecht, das die Schule und die darin Handelnden verwirklichen müssen. Folglich werden aus dieser Perspektive v. a. die Chancen und Potentiale inklusiver Beschulung benannt (Integration, Toleranz und wechselseitige Anerkennung, Teilhabe). Aus Sicht vieler Praktiker/innen ist Inklusion aber auch eine tägliche Herausforderung und nicht selten Überforderung, die bei den betroffenen Lehrkräften zu viel Frust führen kann, wie einzelne Interviewaussagen belegen. Um Lehrkräfte in der Unterrichtspraxis zu unterstützen, müsste eine eigene inklusive Lehr- und Forschungs- und Fortbildungspraxis an den lehrerbildenden Universitäten entstehen, in der die beiden traditionell wenig miteinander vernetzten Bereiche der Fachdidaktik und der Sonderpädagogik eng kooperieren, um konzeptionelle Ansätze für eine gelungene inklusive Praxis zu begründen. Didaktische Konzepte und Materialien zum Umgang mit Lernenden mit besonderem Förderbedarf wurden bislang v. a. in der Sonderpädagogik entwickelt (Feuser, 1989, Seitz, 2003). In den Fachdidaktiken sind davon nur wenige Ansätze erprobt worden, etwa die Idee der Lernstrukturgitter (Kutzer, 1976), die probeweise auch auf das Unterrichtsfach Chemie übertragen wurde (vgl. Menthe et al., 2014).



Interviewstudie: Inklusiver Naturwissenschaftsunterricht in Hamburger Schulen

Wie gehen Lehrkräfte mit der Situation der inklusiven Beschulung um? Welche Chancen und welche Probleme sehen sie? Lassen sich aus Sicht der Lehrkräfte Schlüsse ziehen, wie die inklusive Beschulung erfolgreicher gestaltet werden könnte? Im Sommer 2014 wurden neun sehr ausführliche, leitfadengestützte Interviews mit acht Lehrkräften und einer Sonderpädagogin verschiedener Hamburger Schulen geführt, transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet, um o.g. Fragen zu erhellen. Die Interviewten schilderten zunächst frei ihre Erfahrungen. Durch den Interviewer wurde sichergestellt, dass im Gesprächsverlauf alle folgenden sechs Inhaltsbereiche angesprochen wurden:

- Besondere Herausforderungen durch die inklusive Beschulung,
- Unterstützung in der Vorbereitung und im Unterricht,
- Binnendifferenzierung und Erstellung individualisierten Unterrichtsmaterials,
- Verbesserungsvorschläge für die inklusive Schule,

- Auswirkung der inklusiven Beschulung auf Kinder ohne „besonderen Förderbedarf“,
- Empfehlungen / Gelingensbedingungen aus der Schulpraxis.

Ausgewählte Ergebnisse

Vorweg sei erwähnt, dass die vorgestellten Ergebnisse ausschließlich die Meinung der befragten Lehrkräfte widerspiegeln und keinen Anspruch auf Repräsentativität erheben.

Besondere Herausforderungen durch die inklusive Beschulung

Viele Schüler/innen mit besonderem Förderbedarf profitierten von stark strukturiertem Unterricht mit festen Ritualen und Abläufen, was im Widerspruch zur typischen Organisation des Unterrichts an vielen Stadtteilschulen stehe. Als besondere Herausforderung wird von den Lehrkräften auch genannt, dass sie allein in den Klassen unterrichten müssten. Eigene (fachliche) Ansprüche müssten herabgesetzt werden, auch weil die Lernenden in extrem unterschiedlichem Tempo vorgingen und viel Zeit für die Bearbeitung „sozialer Probleme“ eingeplant werden müsse. Zugleich wäre der Vorbereitungsaufwand deutlich größer, weil Material auf verschiedenen Anspruchsniveaus erarbeitet werden müsste. Chemiespezifisch sind vor allem zwei Anmerkungen der Lehrer: Es sei schwer, Versuche so zu planen, dass sie von allen Schüler/innen durchgeführt werden könnten. V. a. sei es schwer, die Gefährdung der Kinder mit körperlichen Beeinträchtigungen richtig einzuschätzen. Eine zweite chemiespezifische Herausforderung sei es, die teils abstrakten, wenig anschaulichen Inhalte so zu vereinfachen, dass sie für alle Kinder zu bewältigen seien.

Unterstützung in der Vorbereitung und im Unterricht

Beklagt wird der Mangel an Unterstützung durch Fortbildungs- und Ausbildungsträger. V. a. die bereits länger praktizierenden Lehrkräfte empfinden sich für den inklusiven Unterricht als schlecht ausgebildet. Die inklusive Beschulung erfordere zudem mehr Teamwork, etwa in Form von Absprachen über Regeln, ein entsprechender Wandel der Arbeitskultur habe aber (noch) nicht stattgefunden. Konkret für den Chemieunterricht beklagen die Lehrkräfte, dass aufgrund der Gefahren durch Experimente immer eine Doppelbesetzung erforderlich sei, gerade Nebenfächer wie die Chemie diese aber häufig nicht bekämen. Zudem läge zu wenig erprobtes Unterrichtsmaterial für den inklusiven Naturwissenschaftsunterricht vor.

Binnendifferenzierung und Erstellung individualisierten Unterrichtsmaterials

Die oben erwähnte Arbeitsmentalität wird von den Lehrkräften selbst problematisiert, wenn es um das Erfordernis geht, binnendifferenziertes Material zu erstellen. Die Materialerstellung erfolge noch immer häufig in Einzelarbeit, evtl. mit Unterstützung eines Sonderpädagogen. So entstehe gutes Material mit idealer Passung zur Lerngruppe und in Einklang mit der „Lehrermentalität“, zugleich sei die Vorbereitung so zeitaufwändig, dass sie nicht durchgängig realisierbar sei. Eine Alternative bestehe in der Kooperation in Jahrgangsteams. So entstehe Material, das zumindest an die Schülerschaft der Schule angepasst sei und auch mehrfach eingesetzt werden könne. Es bedürfe hierfür aber organisatorischer Unterstützung. Ebenfalls angeregt wird die Kooperation in schulübergreifenden Teams, um Anregungen von außen zu bekommen – und so auch Expertise, die an der eigenen Schule vielleicht fehlt. Auch hierfür gebe es aber bislang zu wenige Angebote, als dass hier ein hinreichend großer Materialpool entstanden wäre. V. a. bedürfe es eines neuen Verständnisses des Lehrerberufs (vom Einzelkämpfer zum Teamplayer), das im Moment noch wenig ausgeprägt sei.

Verbesserungsvorschläge für die inklusive Schule

Die Lehrkräfte fordern, dass mehr Ressourcen für die inklusive Beschulung bereitgestellt werden. Konkret eingesetzt werden sollten diese Ressourcen in Form von mehr Zeit für die Stundenvor- und nachbereitung sowie die Materialerstellung, für die arbeitszeitliche Berücksichtigung informeller Kontakte und Gespräche in Pausen und Randstunden, für die durchgängige Doppelbesetzung in Inklusionsklassen sowie für die Verkleinerung der Lerngruppen. Daneben finden sich eine Reihe ressourcenneutraler Verbesserungsvorschläge: Die Lehrkräfte wünschen sich mehr Vorinformationen über die Besonderheiten der Schü-

ler/innen und – damit zusammenhängend – eine planvollere Zusammenstellung der Klassen vor dem Hintergrund dieser Besonderheiten. Sie wünschen sich zudem Unterstützung bei der Unterrichtsmaterialerstellung in Form frei verfügbaren Text- und Bildmaterials. Auch an die räumliche Gestaltung stelle die inklusive Beschulung besondere Ansprüche: es würden veränderbare Räume / Raumteiler sowie kleine Ausweichräume benötigt, um mehr Differenzierung zu ermöglichen.

Auswirkung der inklusiven Beschulung auf Kinder ohne „besonderen Förderbedarf"

Die aus der Literatur bekannten Vorteile nennen auch die Chemie-Lehrkräfte in dieser Erhebung. Der Kontakt mit einer Vielzahl unterschiedlicher Schüler/innen fördere die Sozialkompetenz und vermindere den Druck auf die einzelnen Schüler/innen, weil diese erfahren könnten, dass man „nicht perfekt sein müsste". Nachteile werden v. a. für leistungsschwächere Regelschüler/innen beobachtet. Diese bekämen nicht mehr die Aufmerksamkeit, die sie zuvor hatten, zugleich gäbe es bei einigen die Tendenz, sich am Leistungsniveau von Kindern mit besonderem Förderbedarf zu orientieren (indem sie auch für sich stärker vereinfachte Arbeitsblätter beanspruchten). Ein weiteres Problem stelle das Fehlen differenzierten Materials auf hohem Niveau dar, was dazu führe, dass leistungsstarke Schüler/innen v. a. als Helfer/innen eingesetzt würden und wenig von der Binnendifferenzierung profitierten.

Gelingensbedingungen aus Sicht der Schulpraxis.

Schon an anderen Stellen des Textes tauchten Gelingensbedingungen auf, allerdings v. a. als Ruf nach mehr Unterstützung. Dezidiert nach solchen Gelingensbedingungen gefragt, äußern die Lehrkräfte verstärkt pädagogische Einsichten: es bedürfe einer stärkeren persönlichen Bindung zwischen Lehrer/in und Schüler/in, man müsse bei Fehlern und Fehlverhalten gelassener reagieren und dürfe nicht nachtragend sein, man müsse alle Schüler/innen ernst nehmen, man dürfe keine Berührungsängste haben (und zeigen) und man müsse Konflikte vor dem Unterricht klären. Des Weiteren verlange inklusiver Unterricht nach einem strukturierteren, ritualisierteren Ablauf, einer festen Sitzordnung, einem übersichtlichen und transparenten Stundenablauf, nach einheitlichen Regeln für alle Schüler/innen. Andere Lehrkräfte betonen, dass Projektarbeit und motivierende Experimente für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht die Methoden der Wahl seien. Als organisatorische Mindestanforderungen werden Beratungszeit mit den Sonderpädagogen sowie eine Betreuung für Schüler/innen, die zeitweise den Raum verlassen wollen oder sollen, als ertragreiche Unterstützung angesehen.

Schlussbemerkung

Die Interviews zeigen, dass viele „Gelingensbedingungen" nicht fachspezifisch sind. Dass Inklusion einen anderen Betreuungsschlüssel – also mehr Ressourcen – verlangt, ist wenig überraschend. Bemerkenswerter sind die widersprüchlichen Auswirkungen auf die Unterrichtskultur und die Rückwirkungen inklusiven Unterrichts auf Schüler/innen ohne besonderen Förderbedarf. Für leistungsschwächere wie für besonders leistungsstarke Lernende wird Inklusion in der Literatur häufig als Chance gesehen, weil sie von mehr individueller Förderung profitieren könnten. Das scheint in der Praxis bisher nur bedingt zu funktionieren.

Literatur

Feuser, G. (1989): Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. In: Behindertenpädagogik. Vierteljahresschrift für Behindertenpädagogik in Praxis, Forschung und Lehre und Integration Behinderter. Gießen: Psychosozial-Verlag, 28. Jg./Heft 1, S.4–48.

Kutzer, R. (1976): Zur Kritik gegenwärtiger Didaktik der Schule für Lernbehinderte – aufgezeigt an den Befunden der empirischen Überprüfung rechendidaktischer Entscheidungen. Marburg: Mauersberger.

Menthe, J., Hofmann, T., Nehring, A. & Rott, L. (im Druck): Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In: J. Riegert, & O. Musenberg (Hrsg.): Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Seitz, S. (2003): Wege zu einer inklusiven Didaktik des Sachunterrichts – das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. In: G. Feuser (Hrsg.): Integration heute - Perspektiven ihrer Weiterentwicklung in Theorie und Praxis. Frankfurt: Lang Verlag, S. 91-104.

Maike Busker Europa-Universität Flensburg
Monika Budde

Fachspezifische Qualifikation zur Sprachförderung im Lehramtsstudium

Lerngruppen sind geprägt von Mehrsprachigkeit und sprachlicher Heterogenität. Dies trifft für alle Schulformen und für alle Lerngruppen zu. Untersuchungen haben gezeigt, dass sprachliches und fachliches Lernen sich gegenseitig bedingen (Röhner & Hövelbrinks, 2013, Sumfleth, Kobow, Öscan & Walpuski, 2013). Eine Berücksichtigung sprachlicher Heterogenität im Fachunterricht ist damit unumgänglich und erfordert entsprechend besondere Qualifikationen. Die naturwissenschaftlichen Fächer sind geprägt durch eine fachspezifisch ausgeprägte Fachsprache, die sich u. a. durch ihre eigene Fachlexik, durch typische Textsorten und durch jeweils spezifisch ausgestaltete sprachliche Handlungsformen auszeichnet (Parchmann & Bernholt, 2013). Eine fachsprachliche Ausbildung ist daher in jedem Fach zu berücksichtigen und sie ist fachbezogen und in Bezug auf sprachliche Förderung im Kontext von Sprachheterogenität zu betrachten.
Auf die KMK Vorgaben vom 04.03.2010 zur besonderen Förderung der Schülerinnen und Schüler mit Zuwanderungsgeschichte haben die meisten Bundesländer mit dem neuen Lehrerausbildungsgesetz bereits reagiert und in den Prüfungsordnungen für alle Lehramtsstudierenden ein für alle Studierenden verbindlich zu belegendes Modul DaZ verankert. Damit wird der Bereich der Sprachförderung im Lehramtsstudium zumeist auf einer allgemeinen Ebene thematisiert, die eine gezielte Berücksichtigung des fachspezifischen Sprachgebrauchs sowie der Fachsprache kaum zulässt. Das Projekt Fach-ProSa (Fachspezifische Professionalisierung zur Sprachförderung) geht darüber hinaus. Es ist ein interdisziplinäres Projekt der Fächer Chemie und Deutsch und ihrer Didaktik an der Europa-Universität Flensburg. Hier wird ein Konzept entwickelt, welches eine integrierte Professionalisierung der angehenden Lehrkräfte in der Sprachförderung kontinuierlich im Verlauf des Studiums und in enger Anbindung zum Fachstudium in den Fokus stellt. Dabei wird unter Sprachförderung im Folgenden die sprachliche Förderung von Lernern verstanden, die im Erwerb der bildungssprachlich geprägten Schulsprache Unterstützung benötigen, damit sie das fachbezogene Lernen bewältigen. Dies bezieht Lernerinnen und Lerner mit mehrsprachigem Hintergrund ein.

Fachspezifische Professionalisierung zur Sprachförderung (Fach-ProSa)
In Anlehnung an die Bereiche des Pedagogical Content Knowledge nach Park & Oliver (2008) sowie des Konstrukts Teacher Language Awareness (Andrews, 2007) können verschiedene Felder identifiziert werden, in denen angehende Lehrkräfte Kompetenzen erwerben sollen. Hierzu gehören die Bereiche:

- curriculare Einbindung sprachlicher Bildung im Fach,
- Erfassung (fach-)sprachlicher Fähigkeiten,
- Beschreibung (fach-)sprachlicher Lernvoraussetzungen,
- Gestaltung einer fachspezifischen Sprachförderung,
- Einstellungen zur Bedeutung von Sprache im Fach und um Fachunterricht,
- Selbstkonzept zur (Fach-)Sprachförderung (Budde & Busker, 2014)

In Studien zum Professionswissen von Lehrerinnen und Lehrern kann festgestellt werden, dass für die Entwicklung fachdidaktischer Kompetenzen Fachwissen wesentlich ist. Daher wird als erstes Ziel die Förderung (fach-)sprachlicher Fähigkeiten und die Entwicklung einer (Fach-)Sprachbewusstheit formuliert. Davon ausgehend sind in enger Anbindung an das fachwissenschaftliche und fachdidaktische Lernen im Studienverlauf sowie kumulativ aufbauend über das gesamte Studium hinweg Lehr-/Lernsettings zur fachbezogenen

Sprachsensibilisierung und zur Sprach(lehr)-Reflexion vorgesehen: Im Anschluss an die Sensibilisierung für die Bedeutung von Sprache im Fach und im Fachunterricht erfolgen eine Reflexion des eigenen (fach-)sprachlichen Handelns, der Erwerb fachdidaktischer Kenntnisse zum sprachlichen Handeln, die Beobachtung und Reflexion sprachlichen Handelns im Fachunterricht in Verknüpfung mit Praxisphasen (schulisches Praktikum) und der Erwerb der Kompetenz zur Gestaltung von integrativen Sprachfördermöglichkeiten (vgl. Abb. 1).

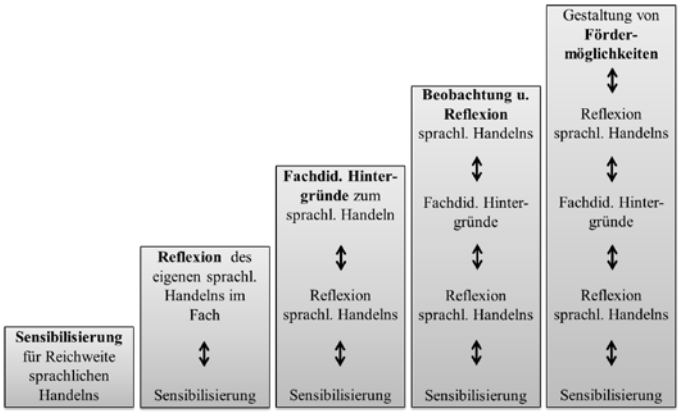


Abbildung 1: Kumulativer Aufbau der Professionalisierung zur (Fach-)Sprachförderung

Basis für die konzeptionelle Entwicklung von Lehr-/Lernsettings bilden empirische Untersuchungen der Lernvoraussetzungen der Studierenden. Hierzu werden u. a. der (Fach-) Sprachstand, Selbstwirksamkeitserwartungen und Beliefs zur Bedeutung von Sprache im Fach und zur Bedeutung von Sprachförderung im Fachunterricht betrachtet.

Selbstwirksamkeitserwartungen von Studierenden

In einer ersten Studie wurden Selbstwirksamkeitserwartungen von Studierenden in Bezug zu sprachlichen Fähigkeiten und in Bezug zu Sprachförderkompetenzen erhoben. Hierzu wurde ein Fragebogen mit 5-stufiger Likert-Skala konzipiert. In der Studie wurden Deutsch-Studierende des Master-Studiengangs (N = 94) sowie Chemie–Studierende (N = 65) des Bachelor- und Masterstudiengangs Lehramt an Realschulen befragt. Im Bereich der eigenen sprachlichen Fähigkeiten wurde der Fokus zunächst auf die eigene Verwendung von Sprache im Fachstudium gelegt. Es wurden die Bereiche des Mündlichen und Schriftlichen berücksichtigt sowie die für das Fach Chemie typischen Situationen des fachsprachlichen Handelns (z. B. beim Experimentieren). Damit sollte der Einfluss fachspezifischer Sprachkontexte auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden untersucht werden. Im Bereich der Sprachförderung wurden die Bereiche Diagnose, Förderung, Bewertung und Gestaltung von Lernmaterialien berücksichtigt. Insgesamt umfasste der Fragebogen zur Selbstwirksamkeitserwartung 26 Items.

Aufgrund einer explorativen Faktorenanalyse konnten im Bereich der Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf die eigenen sprachlichen und fachsprachlichen Fähigkeiten vier Skalen unterschieden werden: (1) Sprachliche Fähigkeiten – aktiv (3 Items, N = 158, α = .732), (2) Sprachliche Fähigkeiten – rezeptiv (3 Items, N = 158, α = .837), (3) Fachsprachliche Fähigkeiten (4 Items, N = 157, α = .882), (4) Sprachliche Fähigkeiten in Bezug zum Experimentieren (2 Items, N = 156, α = .737). Alle vier Skalen zeigen eine ausreichend bis gute Reliabilität und Trennschärfe ($r > .4$). Im Bereich der Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf Sprachförderkompetenzen konnten zwei

Skalen unterschieden werden: (1) Diagnose (4 Items, N = 157, α = .826) und (2) Sprachstand angemessene Förderung (4 Items, N = 156, α = .827). Auch diese beiden Skalen besitzen eine gute Reliabilität und Trennschärfe (r > .4).
Die Ergebnisse weisen über alle Skalen hinweg eine mittlere bis hohe Einschätzung der Studierenden aus. Dieses gilt sowohl für Studierende im Fach Deutsch als auch für Studierende im Fach Chemie. Im Vergleich dieser beiden Stichproben zeigen sich nur wenige signifikante Mittelwertunterschiede. Zum einen besitzen Chemiestudierende im Mittel eine signifikant höhere Selbstwirksamkeitserwartung als Deutschstudierende (T = -11.115, d = 1.8, N = 157) in Bezug auf fachsprachliche Fähigkeiten. Für den Bereich der Sprachförderkompetenzen kann lediglich für den Bereich der Diagnose von sprachlichen Fähigkeiten ein signifikanter Mittelwertunterschied beobachtet werden. Dabei besitzen Deutschstudierende eine signifikant höhere Selbstwirksamkeitserwartung im Vergleich zu Chemiestudierenden (T = 3.377, d = 0.55, N = 157). Dagegen kann im Bereich der Sprachstand angemessenen Förderung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Auf Grundlage des Modells Fach-ProSa werden seit dem WS 13/14 fortlaufend konzeptionelle Ansätze zur fachspezifischen, integrierten Qualifizierung in Sprachförderung im Chemie- und im Deutschstudium implementiert. Bei der formativen Evaluation stehen die Selbstwirksamkeitserwartungen, die (fach-)sprachlichen Fähigkeiten von Studienanfängern (in Chemie) und ihre Einstellungen zur Sprache im Fach zunächst im Fokus. Diese werden ergänzt durch Lehr-/Lerngelegenheiten, die eine Reflexion über die sprachbezogenen Lernbedingungen erfordern und fachdidaktische Kenntnisse zum fachsprachlichen Handeln und zum Erwerb von Fachsprache vermitteln. Schließlich soll das Ziel erreicht werden, dass Lehramtsstudierende bereits im Studium fachspezifische Fähigkeiten zur fachbezogenen Sprachförderung erhalten. Die exemplarische Erarbeitung des Modells an der Universität Flensburg für die Fächer Chemie und Deutsch soll auf weitere Fächer übertragen werden.

Literatur

Andrews, S. (2007). Teacher Language Awareness. Cambridge: Cambridge University Press.

Budde, M., Busker M. (2014). Fachspezifische Qualifikation in DaZ im Lehramtsstudium Chemie. In: Bernholt, S. (Hrsg.): GDCP Tagungsband Jahrestagung 2013. Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 510-512.

Parchmann, I., Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren: Chancen und Herausforderungen von Kommunikationsprozessen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek et al. (Hrsg.), Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster [u.a.]: Waxmann, 241-254.

Park, S., Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. In: Research in Science Education 38 (3), 261–284.

Röhner, C., Hövelbrinks, B. (Hrsg.) (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Weinheim [u.a.]: Beltz Juventa.

Sumfleth, E., Kobow, I., Öscan, N., Walpuski, M. (2013). Fachkommunikation im Chemieunterricht. In: Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., Vollmer, H. J. (Hrsg.) Sprache im Fach : Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster (u.a.): Waxmann. 255-276.

Michael Anton Ludwig-Maximilians-Universität München

Der „qualitative Lernsprung“ – Eine Herausforderung auch für die Chemiedidaktik

Der Begriff „Chemie“ ist in unserer Gesellschaft überwiegend negativ besetzt. Das gilt auch für das Schulfach: Akzeptanzmangel, Argwohn gegenüber der Sinnhaftigkeit einer inhaltlichen Auseinandersetzung, Zuschreibung besonderer Schwierigkeit, Geringschätzung des Nutzens von chemischer Forschung und Umweltgefährdung durch chemische Industrie.
Nichts von alledem hält einer gewissenhaften und gründlichen Überprüfung stand. Dennoch wird seit vielen Jahren gerade auch von vielen Insidern den Vorbehalten fatalistisch nachgegeben. Fallweise hat man sich zurückgezogen in die experimentelle Phänomenbetonung, in den Ersatz gefährlicher Stoffe durch vermeintlich sicherere Alltagschemikalien, in die Miniaturisierung bisher groß angelegter Versuchsaufbauten und in die Minimalisierung von Stoffumsätzen, in die filmtechnische Aufbereitung von Schulversuchen als Ergänzung und fallweise als Substitut von Realexperimenten und nicht zuletzt in die Vermeidung des Worts durch Integration der Chemie in „Naturwissenschaften“ oder „Science“.
Diese Entwicklungen haben am Image nichts Wesentliches verändert.
Anders steht es mit der Entscheidung, „Chemisches“ möglichst früh, also möglichst vor dem 12. Lebensjahr, in der Vorschule, in der Grundschule und an kindgemäßen außerschulischen Lernorten wirksam und sichtbar werden zu lassen.
Allerdings werden dabei die Probleme noch deutlicher sichtbar, als man es bisher in der Sekundarstufe I erleben musste.
Das bloße Hantieren mit Chemikalien und Geräten ist zwar immer der Beginn für ein grundsätzliches Interesse an der Chemie, die damit verbundene Erfahrungssättigung muss jedoch auch in eine Fragehaltung nach den Ursachen und Begründungen sowie in Bilder vom Nichtsichtbaren, den Modellen münden.
Bei einem damit verbundenen kleinschrittigen Vorgehen zeigt sich, dass der Weg vom Erleben und Staunen bis zu der Chemie, vor der sich so viele Menschen fürchten, lang ist und aus vielen einzelnen Stationen besteht, die es gilt langsam, sukzessive und mit Erfolgserlebnissen abgefedert zu passieren.

Vielleicht lässt sich so die grundständig-natürliche Begeisterung für chemisches Experimentieren möglichst lange erhalten, die lernpsychologische Entwicklung des für das Chemieverständnis so notwendigen Abstraktionsvermögens fördern und der „qualitative Lernsprung“ (Lenz & Meretz, 1995, S. 108) erfolgreich absolvieren, sodass bei Fach-, Berufs- und Studienwahl bevorzugt die positiven Erinnerungen wirksam werden, nachdem in den pubertären Turbulenzen die ursprünglichen Interessen auf den Coolness-Prüfstand der peers gestellt worden waren.

Von Ebene 1 bis zur Ebene 4 (vgl. Abb. 1) sind die Ansprüche leichter zu erfüllen als von 4 auf 5, auch von 5 nach 8 wird es innerhalb des abstrakten Denkens schwieriger und damit auch selektiver.
Der Ebenenwechsel bedeutet aber nicht nur eine zunehmende Denkleistung und Aufmerksamkeit, er ermöglicht auch eine stets erweiterbare Möglichkeit des Erfolgserlebnisses. Jede Stufe ist nicht nur das Ziel einer Anstrengung, sondern auch ein neues Fundament fürs Weiterlernen. Mit der bewussten Abfolge steigert sich auch das Selbstwertgefühl, das Fähigkeitsselbstkonzept (Fsk) und damit der Mut, sich auch jeweils

schwierigeren Herausforderungen zuversichtlich zu stellen. Hierzu stellt auch die „Selbstnähe“ als „das Ausmaß, in dem eine Person glaubt, über ein konkretes Objekt oder ein abstraktes Konzept (wie z. B. ein Schulfach) die eigene Person definieren und nach außen darstellen zu können“ (Kessels & Hannover, 2004, S. 130) eine wichtige Voraussetzung dar. Die Ausformung des Fsk hat wiederum nachhaltige Effekte auf die Interessensentwicklung (Köller et al., 2000).
Damit wird der Frustrationstoleranz zugearbeitet, was sich dann nicht nur auf das Lernen im Fach Chemie auszuwirken vermag.
In diesem Zusammenhang sollte auch daran gedacht werden, diese Effekte in entsprechenden Veranstaltungen den Eltern von Mittelstufenschülern vorzustellen.

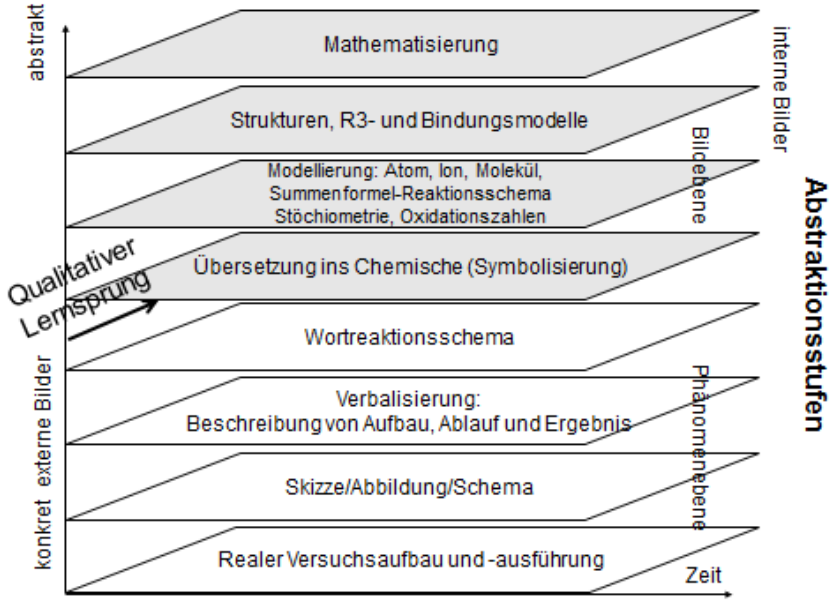


Abb. 1: Auf dem Weg vom Phänomen (Experiment im Unterricht) zur höchsten Abstraktion sind die Schritte zunehmend gedanklich anspruchsvoller und unanschaulicher. Bis zur Ebene 4 reichen allgemeine Beschreibungstechniken aus. Ab Ebene 5 sind chemiespezifische Formulierungen und Modelle erforderlich um die Kommunikation erfolgreich fortzusetzen.

Neben dieser „Kleinschrittigkeit“ gilt es, auch das Verständnis für die Nützlichkeit chemischen Know-hows möglichst früh anzubahnen und gleichmäßig, auch im Sinne einer beruflichen Orientierung zu pflegen.
Dieses Herstellen von Beziehungen, was nichts anderes heißt als „Verstehen“, schafft den Mehrwert des Wissens von chemischen Inhalten. Die Kompetenzbereiche der Nationalen Bildungsstandards (NBS) weisen exakt in diese Richtung und vermögen kraft ihrer Einflussnahme auf die Lehrpläne der Länder den legalen Rahmen zu schaffen, innerhalb dessen jede Lehrkraft der Devise „Schnelles Denken langsam lernen!“ folgen kann. Dies gelingt mindestens auf zwei Wegen: Vom Phänomen in die Abstraktion und vom Faktenwissen zur sinnstiftenden Anwendung in Schule, Alltag, Wirtschaft und Wissenschaft. Letzteres rechtfertigt zudem die Zuschreibung „Kulturwerkzeug“ für das Chemiewissen.
Eine konkrete Maßnahme des pragmatischen Vorgehens besteht im Einschalten von so genannten „creative stopp-points“ (CSP), zu deren Organisation und Wirkungen zurzeit

Untersuchungen zur Metakognition angestellt werden. So kann nach der Ausführung eines Experiments, entweder in Form eines Schülerexperiments oder als Demonstration durch die Lehrperson dieses in allen wichtigen Details rückbetrachtet werden. Damit wird der für eine Auswertung nötige Umfang der Beobachtungen sichergestellt. Erst dann beginnt die Auswertung in der Kurzform bis zum Wortreaktionsschema. Der Schritt in die „Übersetzung ins Chemische“ wird ebenfalls als wesentlicher Denkakt explizit vollzogen. Nach dem als Ziel definierten Grad der Auswertung, etwa bis hin zum Wechsel der Bindungsverhältnisse in den Molekülen bzw. Ionensystemen der beteiligten Stoffe als Ursache für eine chemische Reaktion, wird den SchülerInnen zurückgespiegelt, was hierbei an Abstraktionsleistungen abverlangt worden war und welche Vorkenntnisse hierzu erforderlich waren und aktiviert werden mussten. Diese CSP lassen sich evtl. ein- bis maximal zweimal in einer Stunde, die sich wiederum inhaltlich und methodisch dazu eignen muss, durchführen.
Sie ermöglichen es der Lehrkraft auch, den individuellen Wissenszuwachs zu diagnostizieren und aufgedeckte Mängel durch zusätzliche Erklärungen zu „therapieren“; denn „das einzig zulässige Maß dessen, was gelernt werden kann, ist … der Lernende selbst“ (Schiefele, 1971, S. 60). Solche „inklusiven Momente“ (Prof. Dr. Heinrich Heimlich, LMU) könnten den Lernenden behutsam und abgesichert in die Welt der Chemie hinein führen.

Letztendlich ist es das Ziel, den Weg durch die Ebenen in alle Richtungen und im Laufe des Fachunterrichts durch das sich langsam entwickelnde Überspringen einzelner Ebenen immer schneller versiert und routiniert durchlaufen zu können. Damit wird es z. B. möglich, die Reaktion von angesäuerter violetter Kaliumpermanganat-Lösung mit einer wässerigen Lösung von Natriumsulfit schon bei der Beobachtung als Redoxreaktion zu identifizieren und mithilfe von schnell ermittelten Oxidationszahlen die entstehende Entfärbung auf das entstehende Mangan(II)-Kation zurückzuführen.
Man überlege sich, welch umfangreicher Faktenpool vorliegen muss, damit zu dieser „einfachen“ Redox-Reaktion die vollständige fachfundierte Argumentation geliefert werden kann! Wenn sich diese komplexe Expertise entwickeln können soll, müssen vielleicht andere, zeitintensivere Wege gegangen werden als es bisher in vielen Fällen üblich war.
Ein nächster Schritt wäre die horizontale Verknüpfung verwandter Ebenen, etwa nach der Besprechung von Säuren, Basen und der Neutralisation (→ Salze). Hierdurch entstehen Vernetzungen und es erfolgt die Vergrößerung von Sinneinheiten oder „Chunks“, mit welchen das Arbeitsgedächtnis entlastet und gleichzeitig offen für kreative Problemlösungen wird (Anton, 2014).

Literatur

Anton, M. A. (2014). Fachdidaktik Chemie. In International Panel of Experts for Gifted Education (iPEGE) (Hrsg.), Professionelle Begabtenförderung – Fachdidaktik und Begabtenförderung. Salzburg. Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF), 55-76

Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Empfundene „Selbstnähe“ als Mediator zwischen Fähigkeitsselbstkonzept und Leistungskurswahlintentionen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 36 (3), 130-138

Köller, O., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Der Einfluß der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 32 (2), 70-80

Lenz, A. & Meretz, S. (1995). Neuronale Netze und Subjektivität – Lernen, Bedeutung und die Grenzen der Neuro-Informatik. Braunschweig. Vieweg-Verlag

Schiefele, H. (1971). Schule und Begabung. München. Oldenbourg-Verlag

Marian Busch Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht – empirische Befunde zur Lehrerperspektive –

Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht in der Sekundarstufe I

Ein naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht wurde bislang in fast allen Bundesländern als eigenes Fach eingerichtet. Für höhere Jahrgangsstufen der gymnasialen Sekundarstufe I ergibt sich ein anderes Bild, da in lediglich vier Bundesländern ein solches Fach eingeführt wurde – zuletzt in Thüringen das Wahlpflichtfach *Naturwissenschaften und Technik* (NWuT) für die Jahrgangstufen 9/10. Dieses wird seit 2013 nach einem Erprobungslehrplan von Lehrenden des naturwissenschaftlichen Bereichs unterrichtet, die als operative Akteure mit ihrer Fächersozialisation, ihren Erfahrungen und Überzeugungen von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Implementation des Faches sind (Busch & Woest, 2014, S. 423). Diese (Lehrer-) Perspektive steht im Mittelpunkt der 2014 landesweit durchgeführten Fragebogenstudie.

Fragebogenstudie 2014

Folgende Fragstellung liegt zugrunde: Welche *Größen* beeinflussen die *Meinung zu Potenzial und Grenzen* von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichen Unterricht (FüU) im Allgemeinen und NWuT im Speziellen? Mögliche *Größen* sind: (a) Erfahrungen mit FüU, (b) Anzahl naturwissenschaftlicher Lehrbefähigungen, (c) selbstbezogene Überzeugungen hinsichtlich der NWuT-Kompetenz sowie (d) pädagogische Selbstorganisation. Die Formulierung *Meinung* zerfällt in fünf Teilaspekte: (1) geschätzter Beitrag von FüU zur Kompetenzentwicklung, (2) geschätzter Beitrag von FüU zur Förderung des Interesses an NaWi-Fragestellungen, (3) geschätzter Mehrwert eines FüU gegenüber einem disziplinorientierten Unterricht bezüglich der o. g. Interessen, (4) geschätzte Sinnhaftigkeit eigenständiger Wahlpflichtfächer für FüU in der gymn. Sek. I und (5) Zustimmung zur Forderung nach Implementation von NWuT als Pflichtfach. Mit diesen Größen und Teilaspekten lassen sich entsprechende Hypothesen untersuchen, die bspw. den möglichen Zusammenhang zwischen der Zuschreibung von Kompetenzentwicklungen und eigenen Erfahrungen mit FüU aufgreifen.

Fragebogendesign und Gütekriterien

Der entwickelte Fragbogen erfasst neben sozialstatistischen Angaben (Geschlecht, Alter, Schulart, Lehrbefähigungen) den Grad der Zustimmung zu 32 Aussagen über 5-Punkt-Likert-Skalen (1 ≙ stimmt nicht, 5 ≙ stimmt genau).

- Kontentvalidität: Zur Entwicklung der Items wurden die Ebenen der Schulentwicklungsforschung zugrunde gelegt (vgl. Busch & Woest 2014, S. 424).
- Konstruktvalidität: 13 Items sind in drei Faktoren gebunden, deren Konstruktion mittels Faktorenanalyse nach dem Einfachstrukturprinzip empirisch validiert werden konnte.
- Reliabilität: Die Testanlage zeigt insgesamt eine exzellente Messgenauigkeit ($\alpha = 0{,}911$). Aber auch die Faktoren *Beitrag Kompetenzentwicklung* ($\alpha = 0{,}893$) und *selbstbezogene Überzeugungen NWuT-Kompetenz* ($\alpha = 0{,}863$) zeigen mit Ausnahme des verbesserungswürdigen Faktors *päd. Selbstorganisation* ($\alpha = 0{,}677$) gute Messgenauigkeiten.

Ergebnisse der Befragung

Der Fragebogen wurde im Februar 2014 an alle Thüringer Gymnasien versendet. Zu diesem Zeitpunkt waren nach Angaben des Thüringer Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur insgesamt 1350 Lehrende (GG) eingesetzt, die mindestens eine Lehrbefähigung im

Fach Biologie, Chemie oder Physik hatten. Die Struktur des effektiven Rücklaufes (N = 324; N/GG = 0,24) entspricht weitestgehend der Struktur der Grundgesamtheit (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Verteilung von Merkmalsausprägungen und Abweichung von der Grundgesamtheit

Geschlecht	Verteilung (Abweichung) [%]
weiblich	54,61 (-2,13)
männlich	44,89 (+1,63)
fehlend	0,5 (+0,5)

Fach	Verteilung (Abweichung) [%]
Biologie	40,14 (+0,36)
Chemie	29,23 (-0,1)
Physik	51,54 (+0,35)

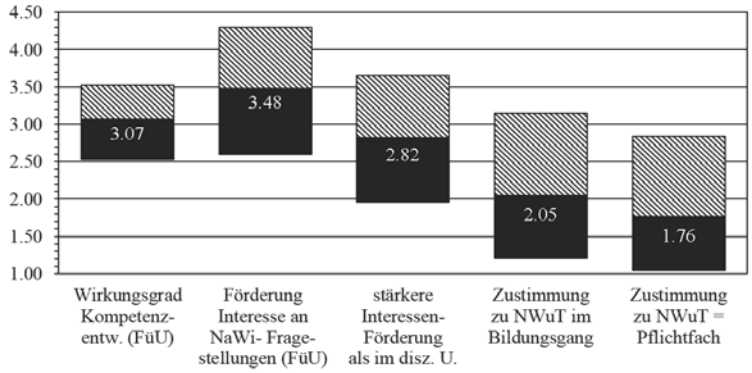


Abb. 1: Quartile zu Teilaspekten der Meinung (N ≥ 314; 1 ≙ stimmt nicht, 5 ≙ stimmt genau)

Einen Überblick über die Zustimmung zu den Aussagen aller fünf Teilaspekte der Meinung zeigt Abbildung 1. Auffällig sind die hohe Zustimmung zur Aussage *FüU fördert das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fragestellungen* sowie die geringe Zustimmung zum neuen Fach *NWuT*. Differenzierte Aussagen sind durch einen Gruppenvergleich nach Ausprägungen unabhängiger Variablen möglich, z. B. die Variablen *Erfahrung mit FüU, Anzahl an Lehrbefähigungen* und *Fächerkombination*.
Lehrende, die regelmäßige Erfahrung mit integriertem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht haben, unterscheiden sich in allen Teilaspekten signifikant von den restlichen Fällen, wobei es sich jeweils um kleine Effekt handelt ($0{,}2 \leq d < 0{,}5$), siehe Tabelle 2.

Tab. 2: Gruppenvergleich nach Erfahrung mit integriertem NaWi-Anfangsunterricht

Teilaspekte	Erfahrung	N	M	SD	d	Sig.
Wirkungsgrad Kompetenzentwicklung (FüU)	ja	209	3,12	0,78	0,31	p< 0.05
	nein	102	2,87	0,83		
Förderung Interesse an NaWi-Fragestellungen (FüU)	ja	217	3,68	0,93	0,37	p< 0.001
	nein	106	3,29	1,12		
stärkere Interessenförderung als im disziplinorientierten Unterricht	ja	217	2,99	1,05	0,28	p< 0.05
	nein	104	2,69	1,08		
Zustimmung zu NWuT im Bildungsgang	ja	218	2,61	1,30	0,48	p< 0.001
	nein	105	2,05	1,10		
Zustimmung zu NWuT = Pflichtfach	ja	214	2,22	1,25	0,26	p< 0.05
	nein	104	1,91	1,13		

Die hohe Zustimmung zum Fach NWuT bei Fällen mit regelmäßiger Erfahrung (M = 3,5) gegenüber den restlichen Fällen (M = 3) lässt sich z. T. mit einer höheren selbstbezogenen Überzeugung hinsichtlich der NWuT-Kompetenz erklären ($d = 0{,}54$; $p < 0.001$). Ein Vergleich zwischen Fällen mit einer und Fällen mit zwei naturwissenschaftlichen Lehrbefähigungen ergibt kaum signifikante Unterschiede (Förderung Interesse an NaWi-Fragestellungen: $M_{1\ Fach} = 3{,}35$; $M_{2\ Fächer} = 3{,}59$; $d = 0{,}22$; $p < 0.05$). Der Vergleich zwischen Fäl-

len mit verschiedenen Fächerkombinationen zeigen mehr signifikante Effekte, z. B. der Vergleich zwischen Mathe-Chemie und Mathe-Physik mit z. T. mittleren Effektstärken ($0{,}5 \leq d < 0{,}8$), wie Tabelle 3 zeigt. Die höheren Zustimmungswerte bei Fällen der Fächerkombination Mathe-Chemie können teilweise durch häufigere Erfahrungen mit dem neuen Fach NWuT erklärt werden ($r_{Spearman} = 0{,}231$; $p < 0{,}01$).

Tab. 3: Gruppenvergleich nach Fächerkombination: Mathe-Chemie vs. Mathe-Physik

Teilaspekte	Kombi.	N	M	SD	d	Sig.
Förderung Interesse an NaWi-Fragestellungen (FüU)	Ma-Che	28	3,85	0,86	0,60	p< 0.01
	Ma-Phy	150	3,20	1,13		
stärkere Interessenförderung als im disziplinorientierten Unterricht	Ma-Che	27	3,24	1,09	0,52	p< 0.01
	Ma-Phy	150	2,69	1,05		
Zustimmung zu NWuT im Bildungsgang	Ma-Che	28	2,47	1,08	0,47	p< 0.01
	Ma-Phy	149	1,97	1,08		
Zustimmung zu NWuT = Pflichtfach	Ma-Che	28	2,21	1,10	0,39	p< 0.05
	Ma-Phy	145	1,80	1,06		

Durch eine Two-Step-Clusteranalyse ($N_{Fälle} = 281$) ist es gelungen mit sechs Variablen vier Cluster zu bilden, die auf einen weiteren möglichen Zusammenhang hinweisen (vgl. Tabelle 4). Dabei zeigt der Silhouettenkoeffizient von 0,33 eine brauchbare Struktur an. Obwohl sich Cluster 1 und 2 von 3 und 4 durch die Erfahrung mit integriertem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht (N. A.) unterscheiden, schlägt dies nicht vollständig auf die dargestellten Teilaspekte der Meinung durch. So spielt die Höhe der pädagogischen Selbstorganisation ebenfalls eine wichtige Rolle.

Tab. 4: Clusterbildung; fett gedruckter Wert ≙ höchstem Wert beim Vergleich zwischen Cluster 1 und 2 sowie 3 und 4

Variablen	1	2	3	4
Größe [%]	16,4	21,4	34,9	27,4
Fälle mit regelmäßiger Erfahrung im N. A. [%]	**100**	**100**	0	0
pädagogische Selbstorganisation	**3,56**	3,26	3,28	**3,45**
Wirkungsgrad Kompetenzentwicklung (FüU)	**3,67**	2,62	2,37	**3,57**
Förderung Interesse an NaWi-Fragestellungen (FüU)	**4,24**	3,22	2,78	**4,18**
Zustimmung zu NWuT im Bildungsgang	**3,83**	1,78	1,55	**2,88**
selbstbez. Überzeugung NWuT-Kompetenz	**3,56**	3,26	3,28	**3,45**

Zusammenfassung und Folgerungen

Es lassen sich drei Größen benennen, welche die Meinung zum Potenzial und den Grenzen von FüU im Allgemeinen und NWuT im Speziellen beeinflussen: (a) die Erfahrung mit integriertem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht, m. E. die Fächerkombination sowie die pädagogische Selbstorganisation. Aus den Ergebnissen folgernd, muss es auf der Mikroebene von Schule darum gehen, Lehrende frühzeitig Erfahrung mit integriertem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht zu ermöglichen. Auf der Mesoebene von Schule kann die pädagogische Selbstorganisation durch die Stärkung von Strukturen gefördert werden, die eine(n) gegenseitige(n) Austausch/Kooperation innerhalb des Kollegiums ermöglichen. Aber auch eine Verbesserung der Freistellungspraxis für Fortbildungsveranstaltungen kann einen positiven Beitrag leisten. Auf der Makroebene sollte eine kleinschrittigere Implementation von fächerübergreifenden Inhalten in Schulcurricula bewirken, dass die Lehrenden als operative Akteure stärker als bisher in den Entwicklungsprozess einbezogen werden.

Literatur

Busch, M. & Woest, V. (2014). Fächerübergreifenden NaWi-Unterricht. Potenzial und Grenzen aus Lehrerperspektive. In: Bernholt, S. (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Kiel: IPN, S. 423.

Kerrin Riewerts Universität Bielefeld

Lebenslanges Lernen
Experimentieren mit älteren Generationen

Forschungsstand

Die sich in den letzten beiden Jahrzehnten bemerkenswert entwickelnde Alternsforschung zeigt, dass Altern ein komplexer mehrdimensionaler Prozess ist (Jasper, 2002, Siebert, 2011). Bedingt durch eine hohe interindividuelle Variabilität wird das Alter besonders durch die persönliche Lernbiographie beeinflusst (Friebe, 2010). Auch handelt es sich bei *dem Alter* um ein gesellschaftliches Konstrukt, das durch kulturspezifische Vorstellungen mitbestimmt wird.

Aus der Geriatrie hat sich ein Forschungszweig gebildet, die Geragogik, die „Bildungsprozesse in der zweiten Lebenshälfte erforscht, Bildungskonzepte mit Älteren für das Alter entwickelt und erprobt und diese in die Aus-, Fort- und Weiterbildung für die Arbeit mit Älteren einbringt." (Bubolz-Lutz, 2010, S. 14) Diese Disziplin ist interdisziplinär ausgerichtet und umfasst zum einen Bereiche der Gerontologie und zum anderen Gebiete der Erziehungswissenschaft, wobei auch Kontexte der Soziologie und der (Bildungs- und Kognitions-)Psychologie einbezogen werden. (vgl. Kolland, 2011).

Innerhalb dieses Forschungsfeldes kommen diverse Modelle über den Alterungsprozess zum Zuge. Diese Studie führt zwei Theorien zur Intelligenz und psychischen Entwicklung im Alter an: das Defizit- und das Kompetenzmodell.
Das Erstere beinhaltet ein reduktionistisches Altersbild, das den Fokus des Alterns auf Abbau und Verfall der körperlichen und geistigen Ressourcen legt. Diese Theorie geriet in den letzten Jahren zunehmend in die Kritik und wurde schließlich in verschiedenen Arbeiten widerlegt (vgl. Köcher & Brüttel 2013). Bereits in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde mit dem Kompetenzmodell des Alterns gearbeitet (vgl. Jasper, 2002, S. 43). Kompetenz in diesem Sinne bedeutet, dass gewisse, auch erlernbare Kompetenzen Älteren z. B. helfen, die Anforderungen des Alltags zu bewältigen und die Eigenständigkeit bis ins hohe Alter zu erhalten.

Bildung im Alter

Das vorhergesagte steht in einem engen Zusammenhang mit Bildung, denn das Kompetenzmodell geht von einer Lernfähigkeit aus, die bis ins hohe Alter erhalten bleibt und sogar auch ausgebaut werden kann.
Hier besteht ein gesellschaftlicher Auftrag, Bildungsgerechtigkeit zu schaffen. Nach der 2010 durchgeführten Eurobarometer-Umfrage interessieren sich nach eigenen Angaben fast 80 % der Europäer für neue wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Entwicklungen und möchten darüber informiert werden (European Commission, 2010). Doch gerade Ältere haben oft nur einen limitierten Zugang zur Wissensgesellschaft: Dies könnte durch körperliche Einschränkungen bedingt sein, bzw. dadurch, dass sie keinen oder nur begrenzten Zugang zu modernen Technologien haben (Statistik Austria, 2009). Bildung hat eine immense Bedeutung für die Selbstbestimmung und gesellschaftliche Mitgestaltung. So korrelieren mehrere Faktoren mit einer Bildungsteilnahme: Menschen, die sich im Alter fortbilden, engagieren sich häufiger ehrenamtlich, sind politisch aktiver und weisen eine stabilere Gesundheit auf. (Künemund, 2006)

Untersuchung
Diese Studie untersucht, ob seitens der älteren Generation Vorbehalte gegenüber chemiebezogenen Themen bestehen und ob ein Interesse an Fortbildungsangeboten mit Experimenten geweckt werden kann.
Für das Durchführen von Experimenten mit Älteren wurden folgende Arbeitshypothesen formuliert: Das Experimentieren mit Älteren ist geeignet, Ressentiments gegenüber der Chemie abzubauen, Kommunikation über chemische Phänomene anzuregen sowie nachhaltiges konzeptuelles Wissen zu generieren.

Da noch keinerlei bekannte Studien zu diesem Thema durchgeführt wurden, handelt es sich um eine explorative Praxisstudie auf der Grundlage der qualitativen Sozialforschung. Hierbei kamen folgende Methoden zur Anwendung: teilnehmende Beobachtung und diagnostische Gespräche während des Experimentierens. Nach dem abschließenden Treffen wurden leitfadengestützte Interviews durchgeführt, die einer qualitativen Inhaltsanalyse unterworfen wurden.

Durchführung
In den Jahren 2013/14 konnten drei Gruppen (à acht bis zwölf Personen) an einem Experimentierkurs in einem Labor der Arbeitsgruppe für die Didaktik der Chemie der Uni Bielefeld teilhaben. Im Unterschied zu den Kursen in den vorhergegangenen Jahren wurde hier das letzte Treffen im Schülerlabor Teutolab Chemie der Uni Bielefeld organisiert.
Mit den Älteren wurden einfache Experimente mit Alltagschemikalien durchgeführt, wobei genügen Zeit eingeräumt wurde, um Denkprozess beim Experimentieren anzustoßen, weiterzuentwickeln und nachzuvollziehen. Besonders beachtet wurde das von Veelken propagierte dialogische Prinzip, das wechselseitiges Lernen zulässt (Veelken, Gregarek & Vries, 2005). Im Laufe des Kurses wurden die Teilnehmer dahin geführt, selbsttätig Fragestellungen zu entwickeln und entsprechende Lösungswege auszuprobieren.

Ergebnisse
Die Auswertung der teilnehmenden Beobachtung und der Interviews zeigt eindeutig, dass Ältere Vorbehalte gegenüber chemiebezogenen Themen hegen. Auffällig hierbei ist eine Diskrepanz in der Wahrnehmung des Themas Chemie: Während der Chemie eine bedeutende Relevanz für Gesellschaft und Umwelt zugeschrieben wird, wird der persönlichen Zugang eher negativ konnotiert (Vergleichbare Einstellungen sind auch unter Schülern zu finden: siehe Haag & Götz, 2012, und Muckenfuß, 1995, S.80).
Aufgrund dieser Ressentiments besteht zunächst wenig Interesse an Fortbildungsangeboten mit Experimenten. Dies zeigte sich auch an der Schwierigkeit, Gruppen für ein solches Angebot zusammenzustellen. Während des Kurses steigt die Motivation, sodass die ursprünglich auf vier Einheiten konzipierten Kurse auf Nachfrage der Teilnehmenden um mindestens zwei, meist vier Einheiten verlängert wurden.

Der besondere Abschluss des Kurses im Schülerlabor „Teutolab-Chemie“ der Universität Bielefeld sollte zusätzlich untersuchen, wie sich dies auf die Einstellung der Teilnehmenden auswirkt. Diese Einheit wurde als sehr „dichte Laboratmosphäre“ wahrgenommen, insgesamt wurde die etwas ruhigere Atmosphäre der vorangegangenen Einheiten bevorzugt. Die Teilnehmenden betonten, dass sie viel Spaß gehabt hätten, jedoch wurde der Ablauf als zu schnell und zu viel auf einmal (sog. *cognitive overload*) erlebt und damit einhergehend zu wenig Zeit, die Experimente zu reflektieren. Sehr positiv wurde von allen die Zusammenarbeit mit den Studierenden empfunden.

Die Kommunikation konnte innerhalb der Gruppe stark angeregt werden und es zeigten sich auch sog. *spread effect*: Das Erlebte wurde Angehörigen und Freunden weitererzählt.

Ausblick

Die Untersuchungen werden im Folgenden auf die intergenerationellen Interaktion fokussiert: Besonders die im Schülerlabor empfundene positive Atmosphäre zwischen Studierenden und Älteren wird genauer in den Blick genommen, indem auch die Studierenden nach der Interaktion befragt werden.

Literatur

Bubolz-Lutz, E. et al. (2010). Geragogik. Kohlhammer. Stuttgart

European Commission. (2010). Science and technology. Special Eurobarometer 340. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_340_en.pdf. Letzer Zugriff: 30. Sept. 2014.

Friebe, J. (2010). Weiterbildung älterer Menschen im demografischen Wandel. In. Ders. (Hrsg.): Weiterbildung älterer Menschen im demografischen Wandel – Internationale Perspektiven und Lernwege.

Haag, L. & Götz, T. (2012) Mathe ist schwierig und Deutsch ist aktuell, in: Psychologie in Erziehung und Unterricht 59, 32-46

Jasper, B. M. (2002). Gerontologie - Lehrbuch Altenpflege. Vincentz Verlag. Hannover.

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen.

Köcher, R. & Brüttel, O. (2013). Generali Altersstudie 2013. Wie ältere Menschen leben, denken und sich engagieren. Fischer-Taschenbuch-Verlag. Frankfurt am Main.

Kolland, F. (2011). Bildung und aktives Altern. In: Magazin erwachsenbildung.at. Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs. Ausgabe 13. Wien.

Künemund, H. (2006). Tätigkeiten und Engagement im Ruhestand. In: Tesch-Römer, C.; Engstler,H.; Wurm, S. (Hrsg.): Altwerden in Deutschland. Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden.

Siebert, H. (2011). Bildung im Alter. In: Magazin erwachsenbildung.at. Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs. 13.

Statistik Austria. (2009). IKT-Einsatz. Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen und Haushalten. Statistik Austria. Wien.

Veelken, L.; Gregarek, S.; Vries, B. de. (2005). Altern, Alter, Leben lernen. Geragogik kann man lehren. Athena-Verlag. Oberhausen.

Mahdi Benbetka PH/ENS Kouba Algier
Abdelmadjid Chenouga
Ahmed Latef

Die Analyse des Lehrbuchs Physik, Teil 2: Eine Untersuchung zu den grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes

Einführung

Im ersten Teil haben wir die qualitative Analyse des Lehrbuchs Physik der 1. Klasse nach den grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes aufgezeigt (Jahrestagung 2013). In dieser Jahrestagung 2014 wird der zweite Teil im Sinne von den quantitativ-statistischen Ergebnissen durch einen durchgeführten Fragebogen für die Physiklehrer der 1. Klasse der Mittelstufe vorgelegt.

Problemstellung

Im Jahr 2003 wurde in Algerien eine Reform des Schulsystems durchgeführt, wo ein neuer Lehrplan für das Unterrichtsfach Physik nach dem Kompetenz-ansatz aufgebaut wurde (Lehrplan der Physik, 2003). Dabei wurden die neue Physiklehrbücher geschrieben, dazu auch ein neues Physiklehrbuch für die 1.Klasse der Mittelschule. Das Physiklehrbuch enthält drei Hauptbereichen: Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen, Elektrizitätslehre und Optik und Astronomie (Physiklehrbuch 1. Schuljahrs der Mittelstufe, 2003).
Aus diesem Grund wurde in dieser Arbeit eine quantitativ-statistischen Analyse des Schulbuchs Physik der 1.Klasse der Mittelschule nach den grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes: Problemsituation, Integrierte Unterricht, Selbstlernen, die Vorstellungen der Schüler und das Experiment durchgeführt.
Diese Arbeit zielt darauf, die Ansichten der Physiklehrer zu den genannten grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes im Physiklehrbuch zu erkennen und auszuwerten. Zum Erreichen des genannten Zieles wird die folgende wissenschaftliche Frage formuliert:
Was sind die Ansichten der Physiklehrer über die grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes?

Beschreibung der Untersuchung

Es wurde ein Fragebogen verwendet. Er besteht aus fünf Ansätzen über die genannten grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes durchgeführt. Diese Ansätze bestehen aus verschiedenem Item gemäß das Lehrbuch der Physik der 1.Klasse der Mittelstufe.
Die Stichprobe besteht aus insgesamt 57 Physiklehrern der 1.Klasse der Mittelstufe in der Hauptstadt Algier. Der Fragebogen wurde im Schuljahr (2013-2014) eingesetzt. Zur Erfassung und Auswertung der Ergebnisse möchten wir zeigen, wie die Lehrer ihrer Ansichten und Meinungen geäußert haben und die genannten grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes verstanden haben. Die Auswertung der Ergebnisse hat uns erlaubt, besser zu verstehen, die verschiedenen Probleme, die die Lehrer bei der Anwendung des Lehrbuches im Physikunterricht konfrontiert haben.

Zur Erfassung und Auswertung der ausgewählten Ergebnisse

Die Ergebnisse werden an den folgenden ausgewählten Beispielen des Fragebogens dargestellt. Damit zeigen wir die Häufigkeiten der Antworten der Lehrer. Diese Häufigkeiten werden nach verschiedenen Items, aus denen sich die folgenden Prinzipien (Problemsituation, Vorstellungen der Schüler) bestehen, dargestellt.

Zum Kompetenzprinzip: Problemsituation

Item1 (Die vorgeschlagenen Problemsituationen sind im Schulbuch klar.). (21.05%) der Lehrer hat gesagt, dass die Problemsituationen nur selten im Schulbuch gegeben wurden.

Dies ist nicht im Einklang mit dem Kompetenzenansatz, wobei eine Problemsituation als eine Grundlage des Unterrichts im Sinne von Kompetenzansatz wurde. Wir stellen fest, dass die Problemsituationen im Schulbuch nicht klar sind.

Item2 (Die Aktivitäten tragen zum Aufbau der Problemsituationen bei.). (14.05%) der Lehrer hat dieses Item ausgewählt. Wir stellen fest, dass ein kleiner Prozentsatz der enthaltenen Aktivitäten im Schulbuch auf den Aufbau der Problemsituation vorbereitet wurde.

Item3 (Das Schulbuch beinhaltet die Problemsituation zum Anfangsunterricht.). (19.29%) der Lehrer meinte, dass die Problemsituation am Anfang der Gestaltung des Unterrichts in dem Lehrbuch vorgeschlagen wurden. D. h. die die Problemsituation im Beginn des Unterrichts ist eine der wichtigsten Mittel des Lernens, da den Erwerb von Wissen ermöglicht die Schüler, die physikalische Phänomene zu beschreiben und zu erklären.

Item4 (Die vorgeschlagen Lernaktivitäten berücksichtigen die Umgebung der Schüler.). Nur weniger Lehrer (12.29 %) haben dieses Item ausgewählt. Wir stellen fest, dass diese Lernaktivitäten nur selten die Umgebung der Schüler berücksichtigen und dies wird als ein Schwachpunkt in den Inhalten des Schulbuchs gesehen.

Item5 (Die Aktivitäten umfassen pädagogisches Hindernis.). Die Minderheit der Lehrer (10.52%) meint, dass die Aktivitäten die pädagogischen Hindernisse umfassen, dann können sie von den Lernenden nicht einfach überwunden wurden.

Item6 (Die Aktivitäten sind Komplex, sie erfordern die Erkenntnisse, um ein Problem zu lösen oder ein Hindernis zu überwinden.) Dieses Item ist von (22.80%) der Lehrer ausgewählt, ihrer Meinung nach sind die vorgeschlagenen Aktivitäten im Schulbuch im Sinne von Themenkomplexe dargestellt. Dies ist ein negativer Punkt für den Inhalt des Schulbuches, weil es nicht einfach ist, für einen Lehrer im Unterricht eine komplexe Problemsituation zu bauen, weil solche Situationen den Schüler helfen, die erworbenen Erkenntnisse zur Behandlung der naturwissenschaftlichen Erscheinungen anzuwenden.
Aus den früheren Ergebnissen bemerken wir, wie das Item 6 (22.80%) zeigt, dass ein großer Anteil der Lehrer sehen, dass die vorgeschlagenen Aktivitäten im Buch in Form von Themenkomplexe dargestellt wurden. Dies bestätigt, dass einige Lehrer diese Aktivitäten im Unterricht als Problemsituationen verwenden. Dieser Prozentsatz ist in der Nähe des Prozentsatzes des 1. Items (21.05%), wo wir feststellen, dass die vorgeschlagenen Aktivitäten klar sind. Bemerkenswert ist der kleinere Prozentsatz (12.29 %) bei Item 4, wobei die Lehrer die vorgeschlagenen Aktivitäten kümmern sich nicht mit der Umgebung der Schüler und dieses ist nicht in Einklang mit dem Kompetenzenansatz.

Zum Kompetenzprinzip: Die Vorstellungen der Schüler
Item1 (Die Vorstellungen der Schüler werden im Lehrbuch behandelt.) (19.30%) der Lehrer hat gesehen, dass die Vorstellungen der Schüler im Lehrbuch behandelt wurden. Darüber hinaus haben sie verstanden, dass die, die Schülervorstellungen, die in den verschiedenen Themen genannt wurden, müssen im Sinne von physikalischen Begriffen gelernt.

Item2 (Die vorgeschlagenen Problemsituationen ermöglichen die Vorstellungen der Schüler zu aktivieren, um die Lernstrategien im Unterricht aufzubauen.) Ein kleiner Prozentsatz der Lehrer (12.28 %) hat dieses Item ausgewählt und meinten, dass die vorgeschlagenen Problemsituationen im Lehrbuch die Vorstellungen der Schüler im Unterricht zu aktivieren, um die Lernstrategien aufzubauen.

Item3 (Spiegelt der Inhalt des Lehrbuches die Vorstellungen der Schüler. wider.) Ein Prozentsatz von (26.32%) der befragten Lehrer meint, dass der Inhalt des Lehrbuches die Vorstellungen der Schüler widerspiegelt. Trotz der hohen Prozentsatz, aber die Lehrer waren

nicht in der Lage, eine Entscheidung zwischen den Inhalt und der Vorstellungen der Schüler im Vergleich mit den Bedeutungen der Begriffe so schwierig zu nehmen.

Item4 (Die Vorstellungen der Schüler zur Alltagserscheinung werden als Fragestellungen im Lehrbuch hergestellt.) Weniger der befragten Lehrer (14.03%) meinen, dass die Vorstellungen der Schüler, die sie in den Unterricht als Fragestellungen einbringen, sind im Lehrbuch hergestellt wurden. Damit geht es um die Schülervorstellungen zu physikalischen Phänomenen im Alltagsleben und darum, wie diese Vorstellungen im allgemeinen sowohl während als auch außerhalb des Unterrichts beim Schüler entstehen. und damit Die Schülervorstellungen über physikalische Phänomene können im Unterricht nicht ignoriert werden (Rhöneck, Niedderer; 2006).

Item5 (Der Inhalt des Lehrbuchs ermöglicht ein besseres Verständnis der Schülervorstellungen im Physikunterricht.)
Die Mehrheit der befragten Lehrer (28.07%) erkennt den Zusammenhang zwischen den Inhalt des Lehrbuchs und Physikunterricht einerseits und das Verständnis der Schülervorstellungen andererseits. Aus diesem Grund wird deutlich, dass der Zweck des Physikunterrichts nicht nur darin besteht, die Schülervorstellungen im Lehrbuch zu verstehen, sondern auch, diese Vorstellungen, die die Schüler in den Unterricht mitbringen zu aktivieren. Dabei muss der Lehrer eine solche Lernsituation schaffen, dass dem Schüler bewusst wird, dass diese Vorstellungen nicht geeignet sind, um die Erscheinung vollständig auch physikalisch korrekt zu beschreiben und zu erklären, deshalb müssen sie durch wissenschaftlich- physikalische Vorstellungen ersetzt werden.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass viele Lehrer aus vorgegebener Kompetenzprinzipien (Problemsituation, Vorstellungen der Schüler, Experiment) wenig Anregungen entnehmen. Deshalb müssen die genannten Kompetenzprinzipien in den Lehrbüchern stärkere Aufmerksamkeit zu schenken .Es ist festzustellen, dass die Lehrer auch Erkenntnisse, die sie mit Hilfe des Lehrbuches gewonnen haben, wenig im Unterricht anwenden können.

Literatur

Duit R. (2002): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. www.unikiel.de/piko/.../piko_Brief_01_Schuelervorstellungen.pdf

Ministerium für Erziehung und Bildung; (2003/2004): Lehrplan der Physik und Technologie; 1. Klasse der Mittelstufe; ONPS, Algier; Algerien.

Ministerium für Erziehung und Bildung; (2003): Lehrbuch Physik und Technologie; 1. Schuljahr der Mittelstufe; ONPS Algier; Algerien.

Rhöneck, v. Ch. ; Niedderer, H. (2006): Schülervorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen. In: Physik-Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe 1 und 2. In Helmut F. Mikelskis (Hrsg.); S. 52-72. Cornelsen, Scriptor; Berlin.

Tim N. Höffler IPN Kiel
Janet S. Blankenburg
Ilka Parchmann

Schülerwettbewerbsteilnehmende – Charakteristika und Erfolgsfaktoren

Eines der bildungspolitisch wichtigsten Ziele ist es, das Interesse von Schülerinnen und Schülern an naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen frühzeitig zu wecken, kontinuierlich zu unterstützen und individuell vorhandene Begabungen bestmöglich und langfristig zu fördern (Krapp & Prenzel, 2011; Schreiner & Sjøberg, 2004). Eine Reihe von Studien hat allerdings gezeigt, dass das Interesse an Naturwissenschaften im Verlauf der Schulzeit absinkt (Dawson, 2000; Hoffmann, Häußler, & Lehrke, 1998). Während bei Kindergartenkindern sowie Grundschülerinnen und Grundschülern noch großes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und Phänomenen besteht, ist dieses bereits nach Eintritt in die Sekundarstufe I erheblich geringer ausgeprägt (Wittwer, Saß & Prenzel, 2008). Wie den Ergebnissen der PISA-Studie 2009 zu entnehmen war, empfinden auch knapp 20 Prozent der Leistungselite des naturwissenschaftlichen PISA-Tests die Naturwissenschaften als „äußerst langweilig“ (Hetze, 2011).
Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, neben der allgemeinen Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenz auch das naturwissenschaftliche Interesse besser als bisher gelungen zu fördern (Osborne & Dillion, 2008).

Aus diesem Bedarf heraus wird in den Naturwissenschaften mittlerweile eine große Anzahl extracurricularer Fördermaßnahmen für alle Altersstufen angeboten, die das vorhandene Interesse der Schülerinnen und Schüler aufgreifen und festigen sollen, um so einem Interessensverlust vorzubeugen. Außerschulische Angebote wie Schülerlabore (z. B. Glowinski, 2007), Schülerwettbewerbe (z. B. Dierks, Höffler & Parchmann, 2014) und schulinterne, den Unterricht ergänzende Angebote wie Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen oder Aktionstage (z. B. Höffler, Lüthjohann & Parchmann, 2014) sind Beispiele diesbezüglicher Möglichkeiten.
Gerade die Nutzung von Schülerwettbewerben als wirkungsvolle Instrumente zur Förderung wurde bereits herausgestellt (Fauser & Messner, 2007; Goldstein & Wagner, 1993). Herausfordernde und Neuigkeitscharakter bietende Aufgaben bzw. Projekte, deren methodische Konzeptionen vom Regelunterricht bewusst abweichen, haben genau aus diesem Grund das Potential, auch das Interesse der „gelangweilten Leistungselite“ zu fördern (Stang, Urhahne, Nick & Parchmann, 2014).

Trotzdem sind viele Faktoren zur Wirkung von Wettbewerben und besonders zu den Charakteristika ihrer Teilnehmenden ungeklärt. Dieses Symposium soll deshalb den Fokus auf die Wettbewerbsteilnehmenden legen und so einen Beitrag zum Verständnis der Wirkungsweise und Adressierung naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe liefern: Welche Eigenschaften weisen die Teilnehmenden auf? Welche Teilnahmegründe haben sie? Welche Wirkungen hat die Teilnahme auf ihr Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen? Welche auf ihr Interesse an Naturwissenschaften? Und schließlich, welche (Persönlichkeits-)Faktoren lassen auf ein erfolgreiches Abschneiden schließen? Die Beantwortung dieser Fragen kann Hinweise darauf liefern, welche Schülerinnen und Schüler in welcher Weise von den verschiedenen Wettbewerben angesprochen und gefördert werden und wie dieser Teilnehmerkreis vergrößert werden kann, um eine bestmögliche Interessensförderung an den Naturwissenschaften sowohl in der Breite als auch für die Spitze zu gewährleisten.

Dabei fokussieren die Beiträge dieses Symposiums auf verschiedene Wettbewerbe, die sich insbesondere darin unterscheiden, ob sie projektbasiert wie *Jugend forscht* oder aufgabenbasiert wie die *ScienceOlympiaden* sind. Die *International JuniorScienceOlympiad* (IJSO) beispielsweise ist ein naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerb für Dreizehn- bis Fünfzehnjährige, in dem über drei Runden Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Aufgaben lösen und sich für die internationale Endrunde qualifizieren können. Der Wettbewerb gilt zudem als Vorbereitung auf die Internationalen Olympiaden der Biologie, Chemie und Physik, die sich eher an ältere Schülerinnen und Schüler wenden, deren Interessensentwicklung in der Regel bereits weiter fortgeschritten und spezialisiert ist (vgl. Todt, 1987).
Projektbasierte Wettbewerbe wie *Jugend forscht* zeichnen sich besonders durch ihren Anspruch aus, junge Talente frühzeitig zu finden und gezielt zu fördern. Dabei entwickeln die teilnehmenden Jugendlichen ihre eigene Frage- und Aufgabenstellung, führen eigenständig experimentelle Untersuchungen durch und dokumentieren und präsentieren ihre Ergebnisse in angemessener Weise.

Im Folgenden werden die vier Symposiumsbeiträge der beteiligten Arbeitsgruppen kurz vorgestellt, ehe sie im Anschluss ausführlich beschrieben werden.

Christine Köhler, Sascha Bernholt, Tim N. Höffler & Ilka Parchmann:
Charakteristika von Wettbewerbsteilnehmenden

Anhand des eigens entwickelten *Individuellen Konzepts über die Naturwissenschaften (IKoN)* untersuchten die Autoren Teilnehmende verschiedener Wettbewerbe (IJSO, Jugend forscht) und verglichen sie mit Nichtteilnehmenden zwischen 12 und 16 Jahren. Auf diese Weise sollten verschiedene Profile hinsichtlich Vorstellungen über Tätigkeitsfelder und Personen, naturwissenschaftlicher Interessen, Kenntnissen und Fähigkeiten sowie Selbstkonzept bzw. Selbstwirksamkeitserwartung identifiziert werden, die dann als Ausgangspunkt für weitere Forschung sowie Ansätze zur gezielten Förderung von Teilnehmenden und (noch) Nichtteilnehmenden dienen können.

Sabine Nick, Detlef Urhahne, Justine Stang & Ilka Parchmann:
Lässt sich der Erfolg bei Wettbewerben vorhersagen?

Die Autoren setzten das Erwartungs-Wert-Modell der Leistungsmotivation von Eccles et al. (1983) ein, um den Erfolg der Teilnehmenden an den dritten Runden der internationalen Olympiaden in Biologie und Chemie vorherzusagen. Auf diese Weise waren sie in der Lage, qualifikationsförderliche Faktoren zu identifizieren sowie die prädiktive Stärke des Eccles-Modells zu überprüfen.

Jürgen Paul & Jorge Groß:
Lernwege und Schülervorstellungen beim Wettbewerb Jugend forscht

Mittels einer Kombination aus quantitativen Fragebogendaten und einer Reihe von Einzelinterviews gingen die Autoren der Frage nach, inwieweit der projektbasierte Nachwuchswettbewerb *Jugend forscht* sein erklärtes Ziel erreicht, das Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zu fördern und welche Ursachen dafür identifizierbar sind. Die Ergebnisse sollen helfen, angemessene Denk- und Arbeitsweisen nicht nur im Wettbewerbsumfeld, sondern auch in der Schule gezielter fördern zu können.

Janet S. Blankenburg, Tim N. Höffler & Ilka Parchmann:
Design und Evaluation eines naturwissenschaftlichen Wettbewerbstags

Um Wettbewerbe an Schulen besser zu verankern und mehr Schülerinnen und Schüler für naturwissenschaftliche Wettbewerbe zu interessieren, wurde das Förderprojekt *NaWigator in der IJSO* gestartet, dessen Schwerpunkt ein naturwissenschaftlicher Projekttag für die sechste Klasse darstellt. Die Autoren stellen in diesem Beitrag ausgewählte Ergebnisse der Begleitforschung des Projekts dar und berichten die Wirkungen des Projekttags auf die Wettbewerbsteilnahmebereitschaft sowie Befunde zum naturwissenschaftlichen Interesse der Teilnehmenden.

Literatur

Dawson, C. (2000). Upper primary boys´ and girls´ interests in science: have they changed since 1980? International Journal of Science Education, 22(6), 557–570.

Dierks, P. O., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2014b). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. Research in Science & Technological, 32(2), 97–114.

Eccles (Parsons), J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece , J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Hrsg.), Achievement and achievement motivation (S. 75–146). San Francisco: Freeman.

Fauser, P., & Messner, R. (Eds.). (2007). Fordern und fördern: Was Schülerwettbewerbe leisten (1. Auflage). Hamburg: Ed. Körber-Stiftung.

Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Goldstein, D., & Wagner, H. (1993). After school programs, competitions school olympics, and summer programs. In K. A. Heller, F. J. Mönks, & A. H. Passow (Eds.), International Handbook of Research and Development of Giftedness and Talent (1st ed., pp. 593–604). Oxford: Pergamon Press.

Hetze, P. (2011). Nachhaltige Hochschulstrategien für mehr MINT-Absolventen (2nd ed.). Essen: Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH.

Höffler, T. N., Lüthjohann, F., & Parchmann, I. (2014). Welche Wirkungen erzielt ein naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht? Befunde einer Untersuchung zum Projekt NaWi-aktiv im Zuge der Einführung des Nawi-Unterrichts an nicht-gymnasialen Schulen in Schleswig-Holstein. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. DOI 10.1007/s40573-014-0009-1.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN-Schriftenreihe: Vol. 158. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. International Journal of Science Education, 33(1), 27–50.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. Tech. rep. London: King's College.

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). The relevance of science education. Sowing the seeds of ROSE. Oslo: Acta Didactica.

Stang, J., Urhahne, D., Nick, S., & Parchmann, I. (2014). Wer kommt weiter? Vorhersage der Qualifikation zur Internationalen Biologie- und Chemie-Olympiade auf Grundlage des Leistungsmotivations-Modells von Eccles. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 28(3), 105–114.

Todt, E. (1987). Elemente einer Theorie naturwissenschaftlicher Interessen. In M. Lehrke & L. Hoffmann (Eds.), Didaktik der Naturwissenschaften: Vol. 12. Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht (pp. 111–126). Köln: Aulis Verlag.

Wittwer, J., Saß, S., & Prenzel, M. (2008). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, M. Bonsen, J. Baumert, M. Prenzel, C. Selter, & G. Walther (Eds.), TIMSS 2007. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich (pp. 87–124). Münster: Waxmann.

Christine Köhler IPN Kiel
Sascha Bernholt
Tim Höffler
Ilka Parchmann

Charakteristika von Wettbewerbsteilnehmenden

Über naturwissenschaftliche Schülerwettbewerbe ist u. a. bekannt, dass sie Begabungen fördern und zur Entwicklung von Talenten beitragen (Wagner & Neber, 2007; Campbell & Wu, 1996). Über die an diesen Wettbewerben teilnehmenden Schülerinnen und Schüler gibt es jedoch nur wenige Erkenntnisse. Meist beziehen sich diese auf die Entwicklung der Teilnehmenden nach der Teilnahme an einem Wettbewerb hinsichtlich Interesse und Motivation, Ausbildungsverlauf und beruflicher Laufbahn (Heller, 2008; Subotnik, Duschl & Selmon, 1993). Das Individuelle Konzept über die Naturwissenschaften (IKoN) strebt an, Teilnehmende an naturwissenschaftlichen Schülerwettbewerben im Querschnitt und in geringem zeitlichen Abstand zu ihrer Wettbewerbsteilnahme hinsichtlich verschiedener Aspekte zu charakterisieren. Beispielhafte Forschungsfragen dieses Projektes sind:

- Welche naturwissenschaftlichen Interessensstrukturen finden sich in Gruppen von Wettbewerbsteilnehmenden im Vergleich zu Nicht-Teilnehmenden?
- In welchem Umfang zeigen sich naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten in den unterschiedlichen Gruppen?
- Welche Faktoren beeinflussen die naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Fähigkeiten sowie eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme?

Theoretischer Hintergrund

Gängige Begabungsmodelle definieren Talente meist über kognitive Faktoren, wie z. B. ihre Intelligenz oder ihre spezifische Leistung (z. B. Fischer, Mönks & Grindel, 2004; Renzulli, 2005). In Ergänzung können affektive Faktoren (Motivation, Interesse) und Umweltfaktoren (Familie, Schule) bei der Beschreibung von Talenten hinzugezogen werden (z. B. Ackerman & Heggestad, 1997; Gagné, 2005). Das Individuelle Konzept über die Naturwissenschaften (IKoN) fasst sowohl kognitive als auch affektive Einflussfaktoren bei der Beschreibung naturwissenschaftlicher Talente zusammen. Es umfasst die vier Aspekte Überzeugungen über naturwissenschaftliche Tätigkeiten und Personen (Holland, 1997; Lederman, 1992) naturwissenschaftliche Interessen (z. B. Holland, 1997), Kenntnisse und Fähigkeiten (z. B. Kauertz, 2008; KMK, 2004; Neumann et al., 2007) sowie das akademische und fachspezifische Selbstkonzept (Bandura, 1977; Shavelson, Hubner & Stanton, 1976).

Methodisches Vorgehen

Die Erhebungsinstrumente beinhalten einen umfangreichen Fragebogen und einen Fähigkeitstest. Der Fragebogen enthält bereits erprobte Skalen zu Überzeugungen über naturwissenschaftliche Tätigkeiten und Personen (Wentorf, Höffler & Parchmann, eingereicht) zum Interesse an der Ausübung naturwissenschaftlicher Tätigkeiten in Schule, Fördermaßnahmen und Beruf (Dierks, Höffler & Parchmann, 2014) sowie zum akademischen und fachspezifischem Selbstkonzept (z. B. Schöne et al., 2002; Köller, Schnabel, & Baumert, 2000). Des Weiteren werden allgemeine Fragen zu naturwissenschaftlichen Wettbewerben und der Teilnahme an diesen sowie die Lern- und Leistungsmotivation im Naturwissenschaftsunterricht (Spinath et al., 2002) erhoben. Der Test enthält Aufgaben zu naturwissenschaftlichen Kenntnissen und Fähigkeiten aus verschiedenen Themenfeldern der Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung. In Ergänzung

werden die figuralen kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erfasst (Heller & Perleth, 2000).

Ausgewählte Ergebnisse

Befragt wurden zum gegenwärtigen Stand N = 194 Schülerinnen und Schüler (46.39 % weiblich, 13-18 Jahre, M = 14.60, vorwiegend aus Bayern, Hamburg, Niedersachsen und Sachsen), von denen 39 Schülerinnen und Schüler am Bundesfinale der Internationalen JuniorScienceOlympiade (IJSO) 2013 teilgenommen hatten. 71 der 194 Schülerinnen und Schüler hatten schon mindestens einmal an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Wettbewerb teilgenommen.

Die untersuchten IJSO-Bundesfinalisten zeichneten sich in fast allen Bereichen durch signifikant höhere Werte im Vergleich zu Nicht-Teilnehmenden aus. Im Vergleich von Nicht-Teilnehmenden mit Schülerinnen und Schülern, die mindestens einmal an einem mathematisch-naturwissenschaftlichem Wettbewerb teilgenommen hatten, konnten in letzterer Gruppe bereits signifikant höhere Werte in fast allen Bereichen gefunden werden. Neben signifikanten Interaktionseffekten in einigen Bereichen, wie z. B. dem naturwissenschaftlichen Interesse, zeigten sich allerdings kaum signifikante Gendereffekte.

In weiteren Analysen konnten zudem unterschiedliche Faktoren für hohe Kenntnisse und Fähigkeiten sowie für eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme identifiziert werden. So zeigte sich, dass u. a. das fachspezifische Selbstkonzept sowie die Anzahl der Wettbewerbsteilnahmen prädiktiv für hohe Kenntnisse und Fähigkeiten waren. Hohe Kenntnisse und Fähigkeiten konnten wiederum als signifikanter Prädiktor für eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme identifiziert werden, wobei mit einer erfolgreichen Wettbewerbsteilnahme in diesem Zusammenhang das Erreichen des IJSO-Bundesfinales gemeint ist.

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projektes sind neben vertiefenden Auswertungen ab Oktober 2014 weitere Erhebungen mit gekürzten Erhebungsinstrumenten geplant. Dabei wird neben der Vergrößerung der Stichprobe ein Vergleich von Teilnehmenden unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Wettbewerbe (z. B. Jugend forscht als projektorientierter Wettbewerb) angestrebt. In einer längerfristigen Perspektive ist das Ziel des Projektes, spezifische Fördermaßnahmen für naturwissenschaftlich interessierte und talentierte Schülerinnen und Schüler auf Grundlage der Charakterisierungen zu entwickeln.

Literatur

Ackerman, P. L., & Heggestad, E. D. (1997). Intelligence, personality, and interests: Evidence for overlapping traits. Psychological Bulletin, 121(2), 219–245.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy. Towards a unifying theory of behavioral change. Journal of Research in Science Teaching (84), 191–215.

Campbell, J. R., & Wu, W.-T. (1996). Development of exceptional academic talent: International research studies. International Journal of Educational Research, 25(6), 479–484.

Dierks, P. O., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2014). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. Research in Science & Technological Education, 1–18.

Fischer, C., Mönks, F. J., & Grindel, E. (Eds.). (2004). Curriculum und Didaktik der Begabtenförderung: Begabungen fördern, Lernen individualisieren. Münster: LIT.

Gagné, F. (2005). From gifts to talents: The DMGT as a developmental model. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), Conceptions of giftedness (2nd ed., pp. 98–119). Cambridge: Cambridge University Press.

Heller, K. A. (2008). Von der Aktivierung der Begabungsreserven zur Hochbegabtenförderung: Forschungsergebnisse aus vier Dekaden. Talentförderung, Expertiseentwicklung, Leistungsexzellenz: Bd. 2. Berlin: LIT.

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

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments (3rd ed.). Odessa, Fla: Psychological Assessment Resources.

Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos.

Köller, O., Schnabel, K. U., & Baumert, J. (2000). Der Einfluss der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 32(2), 70–80.

Kultusministerkonferenz (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. München.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29(4), 331–359.

Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H., & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, (13), 103–123.

Renzulli, J. S. (2005). The three ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), Conceptions of giftedness (2nd ed., pp. 246–279). Cambridge: Cambridge University Press.

Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (Eds.). (2002). SESSKO: Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts. Göttingen: Hogrefe.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. Review of Edcational Research, (46), 407–444.

Spinath, B., Stiensmeier-Pelster, J., Schöne, C., & Dickhäuser, O. (Eds.). (2002). SELLMO: Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation. Göttingen: Hogrefe.

Subotnik, R. F., Duschl, R. A., & Selmon, E. H. (1993). Retention and attrition of science talent: a longitudinal study of Westinghouse Science Talent Search winners. International Journal of Science Education, 15(1), 61–72.

Wagner, H., & Neber, H. (2007). Nationale und internationale Leistungswettbewerbe im Kontext. In K. A. Heller (Ed.), Begabt sein in Deutschland (pp. 209–232). Berlin: LIT.

Wentorf, W., Höffler, T., & Parchmann, I. (eingereicht). Schülervorstellungen über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern.

Sabine Nick[1]
Detlef Urhahne[2]
Justine Stang[2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN, Universität Kiel
[2]Universität Passau

Lässt sich der Erfolg bei Wettbewerben vorhersagen?

Die internationalen Biologie- und Chemieolympiaden sind Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler allgemeinbildender Schulen. Deutschland beteiligt sich seit 1990 (Biologieolympiade, IBO) bzw. seit 1974 (Chemieolympiade, IChO) am internationalen Wettbewerb. Die Auswahl der Nationalteams erfolgt bundesweit in vierstufigen Auswahlverfahren. Aufgrund der internationalen Ausrichtung handelt es sich bei den Olympiaden um Leistungswettbewerbe. Erfolgreiche und talentierte Schülerinnen und Schüler werden durch eine Wettbewerbsteilnahme langfristig begleitet und gefördert. Durch aktive Fördervereine, Alumni-Arbeit und zu guter Letzt die, für die Teammitglieder garantierte Aufnahme in die Förderung der Studienstiftung des deutschen Volkes, wirken Wettbewerbe weit über die Schulzeit hinaus. Neben dieser Spitzenförderung wird aber auch versucht, eine breite Schülerschaft anzusprechen und für Naturwissenschaften zu motivieren.

Ein "Wettbewerbsjahr" erstreckt sich über einen Zeitraum von etwa 15 Monaten und teilnehmende Schülerinnen und Schüler müssen zahlreiche theoretische und praktische Prüfungen absolvieren. Es ist daher anzunehmen, dass nicht allein fachspezifisches Wissen für den Erfolg im Wettbewerb erforderlich ist, sondern auch motivationale Faktoren eine große Bedeutung besitzen sollten. Um dieser Frage nachzugehen, wurde in Anlehnung an das Leistungsmotivations-Modell von Eccles (Eccles et al., 1983, Abb. 1) eine Befragung in den dritten Runden der deutschen Auswahlverfahren zur IBO und IChO durchgeführt, um den Wettbewerbserfolg der befragten Schülerinnen und Schüler vorherzusagen.

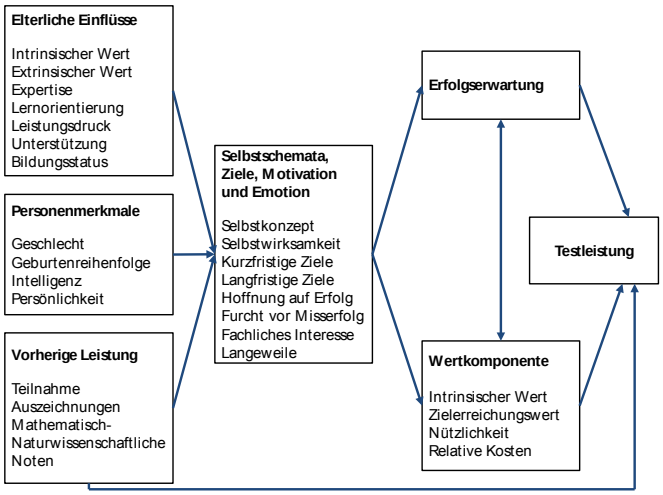


Abb. 1: Schematische Darstellung des Leistungsmotivations-Modells nach Eccles

Fragestellungen

1. Welche Modellvariablen sagen die Qualifikation der Teilnehmerinnen und Teilnehmer für die 4. Runde der Biologie- und Chemie-Olympiade vorher?

2. Kann ein Großteil der Qualifikantinnen und Qualifikanten auf Grundlage bedeutsamer Modellvariablen richtig klassifiziert werden?
3. Gibt es Unterschiede in der Ausprägung der Variablen des Erwartungs-Wert-Modells von Eccles et al. (1983) zwischen hochbegabten und hochleistenden Olympioniken?

Methode

Es wurden 87 Teilnehmende der beiden 3. Runden befragt (IBO: 43 davon 46.5% weiblich, Alter: 17.16 Jahre, *SD* = 1.02; IChO: 44 davon 25% weiblich, Alter: 17.08 Jahre, *SD* = 1.06). Von diesen Schülerinnen und Schülern qualifizierten sich 12 (IBO) bzw. 13 (IChO) Teilnehmende für die nächste, die 4. Runde.

Die Modellvariablen wurden mittels eines neunseitigen Fragebogens erfasst. Beispielsweise wurde der intrinsische Wert mit Fragen wie "Ich habe Spaß an Chemie." erhoben. Die Beantwortung erfolgte über eine fünf- bzw. siebenstufigen Likert-Skala mit Antwortpunkten von 0 – „stimmt gar nicht“ bis 4 – „stimmt völlig“ bzw. 1 – „sehr unzutreffend“ bis 7 – „sehr zutreffend“. Intelligenz wurde mit dem ersten Teil des CFT-20-R getestet (Weiß, 2006). Alle Reliabilitäten waren ausreichend bis gut ($.51 \leq \alpha \geq .95$). Alle Analysen wurden für die IBO und IChO getrennt durchgeführt.

Ergebnisse

Bei Teilnehmerinnen und Teilnehmern der IBO und IChO besitzt die **Vorherige Leistung** (vgl. Abb. 1) einen Einfluss auf den Wettbewerbserfolg. Für die IBO waren die vorherige Teilnahme und bereits erhaltene Auszeichnungen signifikant. Letztere sowie die mathematisch-naturwissenschaftlichen Noten ergeben sich für die IChO als die entscheidenden Variablen. Im Bereich von **Selbstschemata, Ziele, Motivation und Emotion** (vgl. Abb. 1) war bei Teilnehmenden der IBO allein die im Biologieunterricht wahrgenommene Langeweile ein wichtiger Faktor. Bei der IChO stellten sich, als erfolgsvorhersagende Variablen, neben der Langeweile auch das fachliche Interesse sowie die kurz- und langfristigen Ziele heraus. Bei der **Erfolgserwartung** und der **Wertkomponente** (vgl. Abb. 1) stellte sich bei Teilnehmenden der IChO der erwartete Erfolg als die entscheidende Modellvariable heraus. Einen, wenn auch geringeren Einfluss besitzen neben den selbst gesteckten Zielen auch die Relativen Kosten, d. h. wie viel Zeit Schülerinnen und Schüler für den Wettbewerb zu investieren bereit sind. Bei der IBO haben ebenfalls die Relativen Kosten sowie der erwartete Erfolg einen, wenn auch weniger stark ausgeprägten Einfluss auf die Qualifikation für die nächste Runde.

In einer binär-logistischen Regression zur Erfolgsvorhersage erweisen sich die Langeweile im Unterricht (IBO) bzw. die Erwartung auf Erfolg (IChO) als die wichtigsten Prädiktoren. Inwieweit sich die bedeutsamen Modellvariablen tatsächlich eignen, eine Qualifikation für die 4. Runde vorherzusagen, zeigt Tabelle 1. Die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Vorhersage liegt bei mehr als 80 % (IBO) bzw. bei über 90 % (IChO).

Tab. 1: Beobachtete und vorhergesagte Qualifikation von Teilnehmenden der IBO und IChO

	IBO			IChO		
	Vohergesagt			Vorhergesagt		
Beobachtet	qualifiziert	nicht qualifiziert	Anteil (%)	qualifiziert	nicht qualifiziert	Anteil (%)
qualifiziert	7	5	58.3	10	3	76.9
nicht qualifiziert	2	29	93.5	1	30	96.8
Gesamt-prozentsatz			83.7			90.9

Wird nun zwischen Hochbegabten und Hochleistenden differenziert, so zeigt sich bei der IBO, dass Hochbegabte mehr Auszeichnungen erreicht hatten und bessere Testleistungen erzielten. Im Bereich der IChO hatten die hochbegabten Schülerinnen und Schüler zwar bessere Schulnoten, jedoch versprachen sich hochleistende Gymnasiasten einen höheren Wettbewerbserfolg und waren bereit mehr für ihren Erfolg zu investieren.

Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen die bisherige Forschung zu den elterlichen Einflüssen bei Wettbewerbsteilnehmenden (Campbell, 1996; Urhahne et al., 2012) und den Einfluss ihrer vorherigen Leistungen: Wer sich bei den Wettbewerben durchsetzt, hat sein Leistungsniveau bereits vielfach unter Beweis gestellt. Es zeigt sich, dass Motivation und Emotion wichtige Komponenten im Hinblick auf einen Wettbewerbserfolg darstellen und insbesondere hohe (kurzfristige) Ziele und eine hohe Erfolgserwartung auf der Seite der Teilnehmenden den Wettbewerbserfolg positiv beeinflussen. Auch konnten die Ergebnisse aus Studien zur Unterforderungslangeweile (Götz & Frenzel, 2010) sowie zum Wahrnehmen von Langeweile im Fachunterricht (Verna & Feng, 2002) gestützt werden. Es zeigte sich ein hoher positiver Zusammenhang zwischen den Relativen Kosten und der Qualifikation. Hochbegabte der befragten IChO-Teilnehmenden hatten zwar bessere Schulnoten, doch waren bei den hochleistenden Schülerinnen und Schüler dieser Stichprobe die Erfolgserwartung sowie die Bereitschaft „etwas für den Wettbewerb zu tun“ ausgeprägter. Dieses stützt Ergebnisse der Expertiseforschung, wonach domänenspezifische Spitzenleistungen nicht nur Intelligenz, sondern auch Fleiß, Ausdauer und ständiges Bemühen um den Erfolg erfordern (Schneider & Stumpf, 2007). Insgesamt scheint das Leistungsmotivations-Modell zur Qualifikationsvorhersage geeignet, auch wenn die kleine Stichprobengröße Ursache für die nur wenigen signifikanten Prädiktoren sein könnte.

Literatur

Campbell, J. R. (1996). Early identification of mathematics talent has long-term positive consequences for career contributions. International Journal of Educational Research, 25, 497–522.

Eccles (Parsons), J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kaczala, C. M., Meece , J. L., & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviors. In J. T. Spence (Hrsg.), Achievement and achievement motivation. San Francisco: Freeman, 75 – 146

Götz, T. & Frenzel, A. C. (2010). Über- und Unterforderungslangeweile im Mathematikunterricht. Empirische Pädagogik, 24, 113–134.

Schneider, W. & Stumpf, E. (2007). Hochbegabung, Expertise und die Erklärung außergewöhnlicher Leistungen. In K. A. Heller & A. Ziegler (Hrsg.), Begabt sein in Deutschland. Münster: Lit., 71 -91

Urhahne, D., Ho, L. H., Parchmann, I. & Nick, S. (2012). Attempting to predict success in the qualifying round of the International Chemistry Olympiad. High Ability Studies, 23, 167–182.

Verna, M. A. & Feng, A. X. (2002). American Chemistry Olympians achieve the highest level of equity. Journal of Research in Education, 12, 101–105.

Weiß, R. H. (2006). Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT 20-R). Göttingen: Hogrefe.

Eine ausführliche Darstellung aller Ergebnisse dieser Studie findet sich in:

Stang, J., Urhahne, D., Nick, S. & Parchmann, I. (2014). Wer kommt weiter? Vorhersage der Qualifikation zur Internationalen Biologie- und Chemie-Olympiade auf Grundlage des Leistungsmotivations-Modells von Eccles. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 28, 105 – 114. DOI - 10.1024/1010-0652/a000127

Jürgen Paul Universität Bamberg
Jorge Groß

Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften beim Wettbewerb Jugend forscht

Die Natur der Naturwissenschaften

In den Lehrplänen für die naturwissenschaftlichen Fächer findet sich über alle Schularten und Bundesländer hinweg die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (KMK Bildungsstandards, 2004; z. B. Kerncurriculum Biologie Gymnasium in Niedersachsen, 2009; z. B. Lehrplan Chemie Realschule in Bayern, 2007). Wenn auch die grundlegenden Charakteristika der Naturwissenschaften in der Literatur zum Teil kontrovers diskutiert werden, herrscht dennoch eine relativ hohe inhaltliche Übereinstimmung darüber, was Lernende über die Naturwissenschaften wissen sollten (Irzik & Nola, 2011; Lederman, 2007; McComas et al., 1998; Osborne et al., 2003; Popper, 1935; Schwartz & Lederman, 2008). Aus der Literatur lassen sich diesbezüglich acht zentrale Aspekte deduzieren, welche die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, NOS) beschreiben:

- (1) Veränderlichkeit: Wissen ist einem ständigen Wandel unterzogen.
- (2) Sicherheit und Rechtfertigung: Naturwissenschaftliche Ergebnisse beruhen meist auf Wahrscheinlichkeitsaussagen und sind daher nur bedingt belastbar.
- (3) Kreativität: Wissenschaftler sind kreativ, um Fragen und Erklärungen zu entwickeln.
- (4) Methoden: Naturwissenschaftler wenden viele unterschiedliche Methoden an, die allgemeine naturwissenschaftliche Vorgehensweise ist dabei aber recht einheitlich.
- (5) Experimentieren: Das Experiment nimmt in den Naturwissenschaften eine zentrale Rolle ein. Damit verbunden ist das Prinzip von Beobachtung und Schlussfolgerung.
- (6) Inhalte und Vernetzung: Naturwissenschaftliche Inhalte bauen aufeinander auf, die Teildisziplinen sind untereinander vernetzt.
- (7) Soziokultureller Einfluss: Die Gesellschaft und die Kultur haben Einfluss auf die Forschungsthemen und damit auf naturwissenschaftliche Aussagen (und vice versa).
- (8) Theorie und Gesetzmäßigkeiten: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind theoriegeleitet und bestimmen die weitere Forschung.

Der Wettbewerb Jugend forscht

Seit dem Start im Jahr 1965 entwickelte sich der bundesweite Wettbewerb Jugend forscht kontinuierlich weiter. Heute gilt er mit jährlich über 10.000 teilnehmenden Jugendlichen als der bekannteste naturwissenschaftliche Nachwuchswettbewerb in Deutschland (Fauser & Messner, 2007). Der Träger des Wettbewerbs, die Stiftung Jugend forscht e. V., betrachtet die Ausbildung und Förderung junger Menschen in den MINT-Fächern als eine entscheidende Aufgabe zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft. Erklärtes Ziel des Wettbewerbs ist es insbesondere, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie junge Talente zu fördern. Bei den zum Wettbewerb eingereichten Arbeiten handelt es sich um eigene, betreute kleine Forschungsprojekte ausgewählter Schüler/innen. Im Zentrum unserer Studie steht daher die Frage, welche Vorstellungen über die Naturwissenschaften bei den teilnehmenden Jugendlichen existieren, inwieweit sich diese Vorstellungen im Verlauf des Wettbewerbs ändern und welche Ursachen dafür identifizierbar sind.

Theoretischer und methodischer Rahmen

Der theoretische Hintergrund der Arbeit beruht auf einem moderaten Konstruktivismus (Widodo & Duit, 2004). Änderungen von Vorstellungen werden im Sinne des revidierten Conceptual Change-Ansatzes (Strike & Posner, 1992) bzw. der Conceptual Reconstruction

(Kattmann, 2008) verstanden. Den übergeordneten Untersuchungsrahmen bildet das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997). Das Lernpotenzial der befragten Jugendlichen wurde durch Interviews, insbesondere mithilfe der Methode der retrospektiven Befragung zum Lernprozess erhoben (Groß & Gropengießer, 2003). Die Interviews wurden qualitativ ausgewertet (nach Mayring, 2010). Die hier dargestellten Konzepte beruhen auf 30 leitfadengestützten, problemorientierten Einzelinterviews, welche während zwei regionalen Wettbewerbstagen von Jugend forscht in Bayern im Frühjahr 2013 durchgeführt wurden. Die Befragten wurden per Zufall aus den am Wettbewerb teilnehmenden Jugendlichen ausgewählt (15 männlich, 15 weiblich, 10-18 Jahre). Im Fokus der Befragung lagen die acht erarbeiteten Aspekte der Naturwissenschaften, die wir als Kategorienraster verwenden (vgl. Tab. 1), um die Vorstellungen der Lernenden über die Naturwissenschaften zu analysieren.

Ergebnisse: Konzepte über Naturwissenschaften

Das für die Befragten wichtigste Merkmal der Naturwissenschaften ist die zentrale Rolle des Experiments. Für sie sind Experimente klar mit den Naturwissenschaften verknüpft. Die Bedeutung der Experimente drückt sich auch darin aus, dass zu dieser NOS-Kategorie die meisten verschiedenen Konzepte gefunden wurden (siehe Tab. 1). Ebenfalls differenziert wurden die Aspekte „Sicherheit & Rechtfertigung“ sowie „Inhalte & Vernetzung“ gesehen.

NOS-Kategorie	Anzahl Konzepte	Beispiel-Konzept
1. Veränderlichkeit	3	Naturwissenschaftl. Aussagen sind dauerhaft gültig.
2. Sicherheit & Rechtfertigung	6	Die Naturwissenschaften geben eindeutige Antworten.
3. Kreativität	5	Naturwissenschaftler sind Entdecker.
4. Methoden	4	Es kommen immer genauere Methoden hinzu.
5. Experimentieren	8	Experimentieren erfordert Genauigkeit.
6. Inhalte & Vernetzung	6	Naturwissenschaften sind untereinander stark vernetzt.
7. Soziokultureller Einfluss	3	Naturwissenschaftl. Forschung ist unabhängig.
8. Theorien & Gesetzmäßigkeiten	4	Eine Theorie ist eine Vermutung.

Tab. 1: Konzepte über Naturwissenschaften. Zu jeder Kategorie sind die Anzahl der gefundenen Konzepte der Lernenden sowie ein zugehöriges Beispiel aufgeführt.

Für die Kategorie „Inhalte & Vernetzung“ soll hier anhand eines Ankerbeispiels der Konzeptwechsel nachvollzogen werden, der bei 11 von 30 Probanden in gleicher Weise festgestellt werden konnte (zwischen „vorher“ und „nachher“ liegt das Wettbewerbserlebnis):

- Konzept vorher (a): Biologie, Chemie, Physik sind klar abgrenzbare eigenständige Fächer.
- Konzept nachher (b): Naturwissenschaften sind untereinander stark vernetzt.

So beschreibt Bastian (15 Jahre, Gymnasialschüler) seine Vorstellungen nach dem Wettbewerb wie folgt: *„Ich habe gemerkt, dass sich die Naturwissenschaften gar nicht so streng unterteilen lassen, sondern dass es viele Überschneidungen gibt.“* Deutlich wird dabei seine zuvor gedachte Trennung der Teildisziplinen sowie seine anschließende Vorstellung von Zusammenhängen und gemeinsamen Schnittmengen. Das Konzept a schreiben die befragten Schüler/innen der alltäglichen Erfahrungswelt an Schulen zu, wo die Teildisziplinen Biologie, Chemie, Physik häufig als Einzelfächer oder als abgeschlossene Themenblöcke unterrichtet werden. Den Konzeptwechsel führen die befragten Jugendlichen auf die am Wettbewerbstag erlebte Vielfalt der vorgestellten Themen, den damit verbundenen Austausch mit anderen Wettbewerbsteilnehmern und den dadurch offensichtlich werdenden interdisziplinären Zusammenhängen der verschiedenen Arbeiten zurück.

Diskussion: Vernetztes Denken in den Naturwissenschaften

Der oben aufgezeigte Konzeptwechsel (a nach b) beinhaltet eine deutliche Annährung an die fachlich orientierten Konzepte (vgl. Einleitung, NOS), weshalb wir diesen Konzeptwechsel als Vermittlungserfolg bewerten. Aus Perspektive der Conceptual Reconstruction wird der

Gedanke der Vernetzung in den Naturwissenschaften aus einem weiteren Grund relevant: Lernende wie Bastian erweitern mithilfe der Erfahrungen aus dem Wettbewerb ihre bestehenden Denkwelten. Durch inhaltliche Verknüpfungen auf mehreren Wissensebenen kann das Wiedererkennen und der Abruf von Wissensinhalten erheblich erleichtert werden (vgl. Oswald et al., 2008), was den Weg zur Vorstellungsänderung ebnet. Die Vermittlung von vernetztem (kumulativem) Denken in den Naturwissenschaften erscheint also doppelt erstrebenswert. Einerseits können verschiedene Unterrichtskonzeptionen zu einem solchen Ziel beitragen (Parchmann, 2010). Auf der Grundlage unserer Befunde verspricht hierbei insbesondere das projektorientierte und interdisziplinäre Arbeiten Erfolge, wie dies bei Jugend forscht geschieht. Andererseits können integrierte Fächer das vernetzte naturwissenschaftliche Denken an Schulen befördern (Kremer & Stäudel, 1997; Labudde, 2014). Schülerwettbewerbe wie Jugend forscht eröffnen diesbezüglich zusätzliche Chancen und Möglichkeiten und können darüber hinaus in vielen anderen Aspekten zur Bereicherung des Schullebens beitragen (Fauser & Messner, 2007).

Literatur

Fauser, P., & Messner, R. (2007). Fordern und fördern: Was Schülerwettbewerbe leisten. Edition Körber-Stiftung, Hamberg

Groß, J., & Gropengießer, H. (2003). Erfassung von Lernprozessen mittels retrospektiver Befragung in Natur- und Erlebniswelten. Erkenntnisweg Biologiedidaktik, Campus Druck

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. Science & Education, 20(7-8), 591-607

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

Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. D. Tunnicliffe (Eds.), Biology in context: Learning and teaching for the twenty-first century (pp. 7-17). London: Institute of Education

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, Definitionen, Fakten. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1-9

Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz

McComas, W.F., Clough, M.P., & Almazroa, H. (1998). A review of the role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Eds.). The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies. Kluwer Academic Publishers (pp. 3-39)

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

Oswald, W. D., Gatterer, G., Fleischmann, U. M., & Oswald, W. D. (2008). Gedächtnis. Gerontopsychologie: Grundlagen und klinische Aspekte zur Psychologie des Alterns, 43-58

Parchmann, I. (2010). Wissenschaftsbild und Chemieunterricht – Welchen Beitrag Unterrichtskonzeptionen zu einem Verständnis über die Naturwissenschaften leisten können. Unterricht Chemie, Themenheft Natur der Naturwissenschaften, Heft 4+5, S. 24-27

Popper, K.R. (1935). Logik der Forschung. Mohr (Siebeck) Verlag

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf (zuletzt geprüft am 06.10.2014)

Schwartz, R., & Lederman, N.G. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. International Journal of Science Education, 30(6), 727-771

Strike, K.A., & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice, 147-176

Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 233-255

Janet S. Blankenburg IPN Kiel
Tim N. Höffler
Ilka Parchmann

Design und Evaluation eines naturwissenschaftlichen Wettbewerbstages

Schülerwettbewerbe sind ein wirkungsvolles Instrument zur Förderung begabter Schülerinnen und Schüler (Campbell, Wagner & Walberg, 2002). Ein Beispiel für einen naturwissenschaftlichen Wettbewerb ist die *Internationale JuniorScienceOlympiade* (IJSO), ein aufgabenbasierter Schülerwettbewerb für die Zielgruppe der Dreizehn- bis Fünfzehnjährigen. Schülerwettbewerbe wie die IJSO für jüngere Teilnehmende richten sich aber nicht nur an besonders begabte Schülerinnen und Schüler, sondern sollen durch ihren inhärent hohen Motivationscharakter das Interesse einer breiteren Schülerschaft wecken. Dass dies im Bereich der Naturwissenschaften insbesondere bei jüngeren Lernenden erfolgversprechend ist, zeigt die hohe Teilnehmerzahl (25-30 %) der unter Dreizehnjährigen an der IJSO.
Eine Initiative zur stärkeren Verankerung von Wettbewerben in der Schule ist das Wettbewerbsförderprojekt „NaWigator in der IJSO“. Den Schwerpunkt des Projektes bildet ein naturwissenschaftlicher Projekttag (Wettbewerbstag) zur Heranführung an Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse (Blankenburg, Wentorf, Peters & Parchmann, 2013). Dessen Planungsgrundlage stellen die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 2000) und das durch Dierks, Höffler und Parchmann (2014) für die Naturwissenschaften adaptierte RIASEC-Interessen-Modell (Holland, 1997) dar.

Theoretischer Hintergrund
Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation analysiert die motivationalen Faktoren der Persönlichkeitsentwicklung. Sie setzt sich aus fünf Teiltheorien zusammen, wobei insbesondere die *Basic Psychological Needs Theory* und die *Cognitive Evaluation Theory* für die Erläuterung und Vorhersage motivierten Handelns - auch in schulischen Kontexten - bedeutsam sind. Sie legen dem menschlichen Streben die Befriedigung der folgenden drei psychologischen Bedürfnisse zugrunde und heben deren zentrale Bedeutung für die Ausbildung von intrinsischer Motivation hervor (Deci & Ryan, 2000):

- Bedürfnis nach Kompetenz
- Bedürfnis nach Autonomie
- Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit

Gemäß der Theorie hätten Menschen das angeborene Streben, sich effektiv, autonom und in gegenseitigem Austausch mit Mitmenschen zu verwirklichen und zur Befriedigung ihrer angeborenen Bedürfnisse bestimmte Zielsetzungen zu verfolgen. Für die Schule lassen sich mithilfe der Selbstbestimmungstheorie Bedingungen identifizieren, deren Zusammenfügung zu einem Lernarrangement die Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern zu fördern vermag und somit positive Auswirkungen auf den Lernerfolg haben (z. B. Wolf, 2012). Für den Wettbewerbstag im Rahmen des hier vorgestellten Projekts bedeutet dies, dass Schülerinnen und Schüler im Team oder mit einem Partner zusammen Wettbewerbsaufgaben bearbeiten bzw. aus verschiedenen Aufgaben auswählen. Neben der Befriedigung der psychologischen Bedürfnisse sollen auf diese Weise die ursprünglich für die Berufswahlfindung postulierten (Holland, 1997) und für die Schule adaptierten Persönlichkeitstypen (Dierks et al., 2014) angesprochen werden. Hierfür standen den Schulen zwei Basisangebote zur Verfügung. Der eine Teil war ein mündliches Naturwissenschaftsquiz, in dem Schülerinnen und Schüler in Teams gegeneinander antraten. Während diese Mischung

aus „Jeopardy“ und „Wer wird Millionär?“ schlaglichtartig eine Vielzahl theoretischer und praktischer MINT-Fragen aufwarf, bot der zweite Teil mittels Stationenarbeit den Teilnehmenden ausführlich Zeit, sich mit verschiedenen Wettbewerbsaufgaben und -themen auseinanderzusetzen (Blankenburg et al., 2013).

Zielsetzung und Forschungsfragen

Mit dem Blick auf eine frühe Förderung stellt sich die Frage, welche Schülerinnen und Schüler durch Angebote wie Wettbewerbe erreicht werden und welchen Einfluss persönliche Merkmale auf die Teilnahme haben. Komplementär dazu ergibt sich die Frage, weshalb andere Schülerinnen und Schüler nicht teilnehmen – und wie dies ggf. durch einen Wettbewerbstag geändert werden könnte. In diesem Projekt wird deshalb untersucht, welche Teilnahmegründe und -hindernisse in unterschiedlichen Subgruppen vorliegen und welche kurz- und langfristigen Effekte der Wettbewerbstag aufweist.

Design und Methoden

Der Wettbewerbstag wurde mit einer Untersuchung im Prä-Post-Follow-up-Design und einer Kontrollgruppe begleitet. Dabei wurde die Interventionsgruppe nach dem zweiten Messzeitpunkt geteilt. Während der eine Teil im Unterricht an einem kleinen naturwissenschaftlichen Wettbewerb teilnahm, führte der andere Teil die gleichen Aufgaben durch, allerdings ohne die Information, dass es sich um einen Wettbewerb handele (Abb. 1). An der Befragung nahmen insgesamt N = 474 Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse (44.4 % weiblich; Alter: M = 11.90 Jahre, SD = 0.42) teil. Diese waren auf sechs Gymnasien aus fünf verschiedenen Bundesländern (Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Schleswig-Holstein) verteilt. Die Befragten beantworteten Fragebogen-Items der folgenden Konstrukte während der Unterrichtszeit mit vierstufigen Likert-Skalen (von „stimmt völlig“ bis „stimmt gar nicht“):

- Bereitschaft zur Teilnahme an naturwissenschaftlichen Wettbewerben und bisherige Teilnahmen
- Akademisches und naturwissenschaftliches Selbstkonzept
- Wichtigkeit und Nützlichkeit der Naturwissenschaften
- Interesse an naturwissenschaftlichen Schulaktivitäten
- Zielorientierungen im Naturwissenschaftsunterricht
- Wettbewerbsteilnahmegründe und -hindernisse

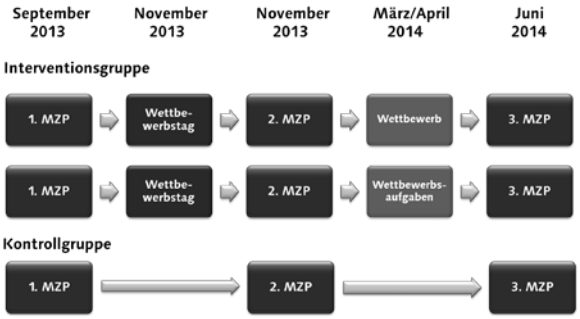


Abb. 1: Untersuchungsdesign zur Begleitung des Wettbewerbstages

Ergebnisse

Alle eingesetzten Skalen zeigten akzeptable bis gute Reliabilitäten (Cronbachs Alpha: .72 - .90).

Als wichtigste Teilnahmebeweggründe nannten die befragten Schülerinnen und Schüler neben der Interessantheit des Wettbewerbsthemas die Option, in einem Team zusammenarbeiten zu können. Aber auch die Möglichkeit, die Bearbeitung autonom zu steuern, wurde von den Schülerinnen und Schülern als bedeutsam eingeschätzt. Diese Beurteilungen deuten auf die Wichtigkeit der Erfüllung der drei psychologischen Bedürfnisse als Voraussetzung für die Ausbildung von intrinsischer Motivation auch für die Teilnahme an Schülerwettbewerben hin.

Bezüglich des Interesses an naturwissenschaftlichen Aktivitäten zeigten sich hohe Mittelwerte bei den zwei Dimensionen *Realistic* (*hands-on* Aktivitäten) und *Investigative* (analytische, forschende Aktivitäten). Dies indiziert eine für die Teilnahme an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb günstige Interessenslage.

Prädiktoren für die Teilnahmebereitschaft waren unter anderem die vorherige Teilnahme, intrinsische Motivation, Interesse an den Naturwissenschaften und ein auf Wettbewerbe ausgerichtetes Selbstkonzept.

Über die drei Messzeitpunkte zeigte sich bei der Wettbewerbsteilnahmebereitschaft in der Interventionsgruppe ein starker Anstieg nach dem Wettbewerbstag, welcher sich allerdings zum dritten Messzeitpunkt überwiegend relativierte. Der eigentliche Erfolg zeigte sich im Vergleich mit den Teilnehmenden der Kontrollgruppe, da deren Teilnahmebereitschaft über die Zeit stark absank.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Durchführung des Wettbewerbstages sowie dessen Evaluation haben demonstriert, dass es gelungen ist, mehr Schülerinnen und Schüler für die Teilnahme an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb zu interessieren, bzw. ihre Bereitschaft dazu konstant zu halten. Außerdem konnten Erkenntnisse über die Schülerinnen und Schüler beeinflussenden Teilnahmegründe und -hindernisse gewonnen werden sowie Prädiktoren für eine Teilnahme identifiziert werden. Diese Informationen sollen genutzt werden, um den Wettbewerbstag weiter anzupassen und gezielte Fördermaßnahmen für Subgruppen zu planen.

Literatur

Blankenburg, J., Wentorf, W., Peters, H., & Parchmann, I. (2013). Brücken bauen zwischen Unterricht und Wettbewerben: Beispiele für die Verankerung von Wettbewerben an Schulen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 24 (136), 34-42

Campbell, J. R., Wagner, H., & Walberg, H. J. (2002). Academic competitions and programs designed to challenge the exceptionally talented. In K. A. Heller, F. J. Mönks, R. Subotnik, R. J. Sternberg (Eds.), International Handbook of Giftedness and Talent. Oxford: Pergamon, 523–536

Deci, E. L., Ryan, R. M. (2000). The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11 (4), 227-268

Dierks, P. O., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2014). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. Research in Science & Technological Education, 32 (2), 97-114

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments. Odessa: Psychological Assessment Resources

Wolf, A. (2012). Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern: Eine mehrebenenanalytische Studie. Berlin: Logos Verlag

Simone Abels[1] [1]Universität Wien
Adejoke Adesokan[2] [2]Universität zu Köln
Silvija Markic[3] [3]Universität Bremen
Sandra Puddu[1]

Umgang mit Diversität und Heterogenität im Chemieunterricht

Im Einklang mit dem Tagungsthema widmet sich dieser Themenblock dem Umgang mit Diversität und Heterogenität im Fachunterricht. LehrerInnen stehen der Herausforderung gegenüber, die heterogenen Lernvoraussetzungen von SchülerInnen unter den jeweiligen Besonderheiten des Fachs zu berücksichtigen.
In diesem Klammerbeitrag sollen theoretische Grundlagen zum Umgang mit Diversität und Heterogenität im Fachunterricht dargelegt und die einzelnen Projekte der Autorinnen kurz vorgestellt werden.

Diversität und Heterogenität

Lehrpersonen nehmen eine wachsende Unterschiedlichkeit ihrer SchülerInnen wahr und sehen den Umgang mit dieser oft als Erschwernis ihres Berufs (Altrichter et al., 2009). Die Wahrnehmung wird verstärkt durch die politische top-down Verordnung von Inklusion in Deutschland und Österreich, auf die die Schulen nicht ausreichend vorbereitet wurden bzw. es wurden bislang für die Erfüllung der Verordnung nicht genügend Ressourcen bereitgestellt. Ergeben hat sich die Verordnung aus der Ratifizierung der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderung (United Nations, 2006). SchülerInnen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf sollen gemeinsam in einer inklusiven Schule unterrichtet werden (vgl. Artikel 24 der Konvention), die es jedoch de facto in unserem mehrzügigen Schulsystem nicht gibt. Wie gemeinsame Schule funktionieren kann, dazu gibt es viele Hinweise aus der Sonderpädagogik oder auch der Inklusiven Didaktik, selten jedoch aus der Fachdidaktik. Es sind kaum Modelle vorhanden, wie inklusiver Chemieunterricht aussehen könnte (Stroh, 2014).
Lehrpersonen unterrichten aber nicht nur Lernende mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf. SchülerInnen einer Klasse können sich in vielen Facetten unterscheiden, zum Beispiel in den Dimensionen Gender, Alter, Ethnizität, Kultur, Religion, sexuelle Orientierung, sozioökonomischer Hintergrund etc. (Krell et al., 2007). Diese Dimensionen können wiederum Auswirkung haben auf Leistung, Vorwissen, Sprachkompetenz, Interesse, Motivation und vieles mehr (Bohl et al., 2012). Die Vielfalt kann als Problem oder aber als Gewinn für das gemeinsame Lernen und die gemeinsame Entwicklung betrachtet werden (Sliwka, 2010). Die konstruktive Sichtweise ist jedoch deutlich leichter einzunehmen, je besser die entsprechenden Rahmenbedingungen für den Umgang mit Vielfalt gegeben und gestaltet sind.

Umgang mit Diversität im Fachunterricht

Um mit der Verschiedenheit konstruktiv umzugehen, muss der Unterricht entsprechend adaptiert und differenziert werden (Weinert, 1997). Offene Unterrichtsformen wie Projektunterricht, formatives Feedback und Gruppenarbeit ermöglichen SchülerInnen eher ein individualisiertes Lernen als traditioneller Fachunterricht (Feyerer, 2007). Abels und Markic (2013) haben mit Unterstützung vieler weiterer AutorInnen gezeigt, wie dies im Chemieunterricht umsetzbar wäre. Oft werden jedoch offenere Zugänge missverstanden als unstrukturierte Zugänge, was sich als wenig förderlich erwiesen hat für SchülerInnen mit Lernschwierigkeiten (vgl. Markic & Abels, 2014). Dem Missverständnis gilt es in der Aus- und Fortbildung von LehrerInnen vorzubeugen. Weiterhin muss dieser Aspekt bei der

Beforschung von differenziertem Unterricht beachtet werden, um Aussagen über seine Wirksamkeit treffen zu können.
Wie Chemieunterricht in heterogenen Klassen beforscht werden kann, zeigen die vier Beiträge dieses Themenblocks. Die hier vorgestellten Projekte sind qualitative Fallstudien. Daten wurden per Fragebogen, Interview und/oder Video-/Audiographie erhoben. Folgende Schwerpunkte werden in den einzelnen Beiträgen gesetzt:

- Silvija Markic erforscht das Pedagogical Content Knowledge (PCK) von ChemielehrerInnen bezüglich des Lehrens und Lernens von Fachsprache. In Anlehnung an die CoRes, wie bei Loughran et al. (2006) beschrieben, wurde ein Instrument entwickelt, welches das PCK der LehrerInnen darstellt und als Werkzeug in der Lehreraus- und -fortbildung eingesetzt werden kann, um das Bewusstsein der Lehrpersonen für die Fachsprache deutlich zu machen, jedoch auch sie dazu anzuregen, über das eigene Wissen zu reflektieren und dieses ggf. weiter zu entwickeln.
- Sandra Puddu untersucht in einer explorativen Studie das Scaffolding einer Chemielehrperson bei der Einführung des Forschenden Lernens in einer heterogenen Klasse. Dabei wurde der Laborunterricht einer Klasse (9. Schulstufe) mit hoher Diversität ein Jahr lang begleitet. Die Audio- und Videoaufnahmen, die Aufgabenblätter sowie die ausgefüllten Protokolle der SchülerInnen wurden mittels induktiver Zusammenfassung nach Mayring (2008) analysiert. Es werden Ergebnisse bezüglich der Lernbegleitung beim Forschenden Lernen vorgestellt.
- Simone Abels rekonstruiert die Lernbegleitung einer Chemielehrerin beim Unterrichten in Integrationsklassen. Der Chemieunterricht von zwei achten Klassen wird auf Video aufgezeichnet und teilnehmend beobachtet. Videoszenen werden ausgewählt, die verschiedene Unterrichtssettings repräsentieren, z. B. fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräche oder forschendes Lernen mit unterschiedlichen Strukturierungsgraden. Die Szenen werden mit Grounded Theory analysiert, um die Vorgehensweise der Lehrerin zu verstehen und daraus Empfehlungen für die integrative Unterrichtspraxis abzuleiten.
- Adejoke Adesokan hat im Rahmen einer explorativen Studie zunächst die besonderen Herausforderungen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf beim Lernen von Chemie diagnostiziert. Auf Grundlage dieser Untersuchungsergebnisse wurde im Sinne der *Partizipativen Aktionsforschung* (Kemmis & McTaggart, 2007) mit Lehrkräften ein Förderkonzept entwickelt, um Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf an naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen heranzuführen. Die Ergebnisse der Evaluation des Förderkonzeptes sowie Implikationen für eine inklusive Unterrichtspraxis werden vorgestellt.

In den einzelnen Artikeln sind die angesprochenen Diversitätsdimensionen, methodischen Vorgehensweisen und Ergebnisse detaillierter nachzulesen. Sie geben Anregungen und Aufschluss darüber, wie mit Heterogenität und Diversität im Fachunterricht umgegangen werden kann.

Literatur

Abels, S. & Markic, S. (Hrsg.; 2013). Diversität und Heterogenität. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 24(135).

Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S. & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotenzial von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009. Band 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen (S. 341-360). Graz: Leykam.

Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht (Vol. 17). Immenhausen: Prolog.

Feyerer, E. (2007). Integration an (ober-)österreichischen Hauptschulen Eine Standortbestimmung für das Projekt Schulentwicklung durch Schulprofilierung. Zeitschrift für Inklusion, 1, 1-21.

Kemmis, S. & McTaggart, R. (2007). Participatory Action Research – Communicative Action and the public Sphere. In N.K. Denzin & Y.S Lincoln (Hrsg.), Strategies of Qualitative Inquiry (S. 271-330). Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage.

Krell, G., Riedmüller, B., Sieben, B. & Vinz, D. (2007). Einleitung - Diversity Studies als integrierende Forschungsrichtung. In G. Krell, B. Riedmüller, B. Sieben & D. Vinz (Hrsg.), Diversity Studies. Grundlagen und disziplinäre Ansätze (S. 7-16). Frankfurt a. M., New York: Campus.

Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). Professional Learning. Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge, Rotterdam: Sense Publishers.

Markic, S. & Abels, S. (2014). Heterogeneity and Diversity – A Growing Challenge or Enrichment for Science Education in German Schools? EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10(3), 219-227.

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz.

Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Ed.), Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge (S. 205-217): OECD Publishing.

Stroh, M. (2014). Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht – Beschreibung eines Spannungsfeldes. Schulpädagogik heute, 5(10), 1-12.

United Nations. (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities. Online: http://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf [21.02.2012]

Weinert, F. E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt. Friedrich Jahresheft, 15, 50-52.

Silvija Markic Universität Bremen

PCK von Chemielehrpersonen zum Lernen und Lehren von Fachsprache

Theoretischer Hintergrund

Das Pedagogical Content Knowledge (PCK) ist in der Didaktik der Naturwissenschaften ein bekanntes und umfangreich erforschtes Feld. In der fachdidaktischen Gemeinschaft besteht Einigkeit über dessen Wichtigkeit. Angefangen mit der Definition von Shulman (1986) wurden mehrere Studien zu PCK durchgeführt, wobei es immer weiter ausdifferenziert wurde.

Als Ausgangspunkt für diese Studie ist das Verständnis von PCK an die Definition von Loughran et al. (2006) angelehnt. Um das Pedagogical Content Knowledge der Lehrkräfte darzustellen, haben Loughran et al. (2006) zwei Formate entwickelt, die sich zwar unterscheiden, jedoch auch gegenseitig ergänzen: Pedagogical and Professional-experiences Repertoires (PaP-eR) and Content Representation (CoRe). PaP-eRs sind narrative Darstellungen des PCK der Lehrpersonen über einen bestimmten Inhalt. Jedes PaP-eR beschreibt das Denken einer Lehrperson über ein Teil des PCK zu einem Inhalt. Diese basiert auf den Beobachtungen im Klassenraum und den Kommentaren der Lehrperson. Das Ziel eines PaP-eR ist es, mehr Einblicke in CoRe zu geben.

Content Representations (CoRes) wurden zuerst entwickelt, um das PCK der Lehrerinnen und Lehrer zu testen. Sie geben einen Überblick über die Inhalte, die die Lehrpersonen bei einem bestimmten Thema unterrichten. CoRe ist ein detaillierter Rahmen, welcher das Fachwissen, das Wissen, wie die Schülerinnen und Schüler das Thema lernen, und verschiedene Lehrmöglichkeiten darstellt und basiert auf den Kategorien über das Wissen nach Shulman (1986). Die Darstellung von CoRe ist durch eine Matrix gegeben, die Aspekte über das Lehren eines bestimmten Themas darlegt, aber auch, wie man einzelnen Inhalte unterrichten kann. Jede Spalte der Matrix präsentiert eine sog. „Big Idea“, die innerhalb eines Themas gelehrt wird. „Big Idea” beschreibt einen naturwissenschaftlichen Inhalt, der für die Lehrerinnen und Lehrer wichtig erscheint, innerhalb eines Themas unterrichtet zu werden. Die Zeilen der Matrix geben die Antworten auf die folgenden Fragen: (i) was sollen die Schülerinnen und Schüler über diese Idee lernen, (ii) warum ist es für die Schülerinnen und Schüler wichtig dies zu wissen, (iii) was wissen sie noch über diese Idee, (iv) Probleme/Einschränkungen beim Unterrichten dieser Idee, (v) Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, die das Unterrichten dieser Idee beeinflussen können, (vi) weitere Faktoren, die das Unterrichten der Idee beeinflussen können, (vii) Lehrmethoden und (viii) besondere Möglichkeiten, um das Verstehen oder das Missverstehen der Inhalte durch die Schülerinnen und Schüler zu bestimmen.

Die Wichtigkeit des Nutzens und Verstehens der Fachsprache ist keine neue Komponente des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Es bestehen jedoch so gut wie keine Informationen über das Wissen der Lehrerinnen und Lehrer hinsichtlich des Lernens und Lehrens der Fachsprache im Unterricht. Um einen ersten Schritt in diese Richtung zu machen, zielt diese Pilotstudie auf die Entwicklung eines CoRe, um das Lehren und Lernen der Fachsprache zu beschreiben. Des Weiteren werden in dieser Studie erste Einblicke in das PCK der Lehrerinnen und Lehrer in diesem Bereich gegeben.

Methode und Stichprobe

Da es momentan wenige Informationen und Studien über das Wissen der Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer über das Lernen und Lehren der Fachsprache gibt, wurde für diese Pilotstudie eine qualitative Herangehensweise gewählt. Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurden offene Interviews durchgeführt. Zuerst wurden die Lehrerinnen und

Lehrer, die an der Studie teilnahmen, nach ihrem Alter, Geschlecht, Lehrerfahrung gefragt. Zusätzlich wurden Informationen evaluiert, die über den sprachlichen Hintergrund der Lehrperson ein Bild geben: Muttersprache, Wissen in einer Fremdsprache, Umgang mit Sprache in der Schule, etc. Der zweite Teil des Interviews begann mit der Frage „Wie unterrichten Sie Fachsprache? Beschreiben Sie dies!“. Keine weiteren Fragen wurden während des Interviews gestellt, es sei denn diese dienten dazu, die Missverständnisse von der Seite der Interviewer zu klären.
Die Daten wurden im Bundesland Bremen eingesammelt. In allen bisherigen PISA Studien bildet Bremen das Schlusslicht. Des Weiteren hat Bremen die höchste Rate an bildungsfernen Haushalten und der Arbeitslosigkeit. Somit ist Bremen mit verschiedenen deutschen Großstädten vergleichbar, wie auch mit Ballungszentren wie dem Ruhrgebiet.
Die offenen Interviews wurden mit insgesamt elf Lehrerinnen und Lehrern durchgeführt, davon sechs Lehrerinnen und fünf Lehrer. Alle befragten Lehrpersonen unterrichten an verschiedenen Schulen. Sie unterrichten überwiegend Chemie und Biologie oder Chemie und Physik. Alle diese Lehrpersonen sind Deutsch-Muttersprachler und fühlen sich mehr oder weniger kompetent in einer Fremdsprache. Nach deren Aussage haben ein Drittel bis die Hälfte deren Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten in der deutschen Sprache.

Datenauswertung und Ergebnisse
Die Studie basiert auf offenen Interviews. Einer der Schwerpunkte dieser Pilotstudie war es, herauszufinden, welche Informationen aus den gesammelten Daten herauszufiltern sind. Da keine Theorie oder weitere Studien als Ausgangspunkt dienten, wurden die Interviews mit Hilfe der Grounded Theory analysiert (Strauss & Corbin, 1990). Zuerst wurden die Interviews offen kodiert. Alle Details, die die Lehrpersonen nannten, wurden aufgelistet. Die offenen Codes beinhalteten Informationen über die Unterrichtsmethode, Probleme und Schwierigkeiten aus dem Unterricht, Ziele, schriftliche Herangehensweisen, etc. Ausgehend von den offenen Codes wurden diese zu den Kategorien im Sinne des axialen Kodierens zusammengeführt. In Anlehnung an die bei CoRe benutzte Terminologie (Loughran et al., 2006) wurden diese Ideen „Big Ideas“ genannt. Diese repräsentieren sechs Kernaussagen der Lehrerinnen und Lehrer über das Lernen und Lehren der Fachsprache:
Fachbegriffe sind kontextuell an die Inhalte des Fachs gebunden.
-Fachsprache zeichnet sich durch bestimmte Charakteristika aus, die sie von der Alltagssprache unterscheidet.
- Fachbegriffe sind kontextuell an die Inhalte des Fachs gebunden.
- Fachsprache zeichnet sich durch bestimmte Charakteristika aus, die sie von der Alltagssprache unterscheidet.
- Die Fachsprache ist mit einer Fremdsprache gleichzusetzen.
- Die zur naturwissenschaftlichen Fachsprache zählenden Fachbegriffe sind nicht zwangsläufig Fremdwörter und auch nicht automatisch auf die Naturwissenschaften beschränkt.
- Fachbegriffe besitzen eine Hierarchie nach Wichtigkeit, die darüber entscheidet, ob und in welchem Maße sie im Unterricht vorkommen.
- Jedes naturwissenschaftliche Fach hat seine eigene Fachsprache.

Als Folge des selektiven Kodierens wurde jede Idee mit einer Abwandlung der acht Fragen nach Loughran et al. (2006) beantwortet. Im Rahmen der CoRe machten die befragten Lehrpersonen Aussagen über die sechs Ideen. Die Aussagen beziehen sich auf den Sinn/die Bedeutung des Lernens der Fachsprache, den Ziel des Lernens der Fachsprache, die Legitimation der Fachsprache, den Einfluss der Idee im Lernen und Lehren, mögliche Unterrichtsmethoden/Lehrmethoden, Lernstrategien für die Schülerinnen und Schüler und durch die Fachsprache verursachte Probleme im Unterricht. Jeder Analyseschritt wurde permanent mit den Daten verglichen. Zwei Didaktiker haben anschließend die CoRe-Matrix

getrennt voneinander ausgefüllt. Die Ergebnisse wurden verglichen und die Unstimmigkeiten ausdiskutiert (Swanborn, 1996).
Die Ergebnisse zeigen, dass die befragten Lehrpersonen sehr homogenes Wissen über das Lernen und Lehren der Fachsprache besitzen. Es war überraschend zu sehen, dass keine Unterschiede zwischen den erfahreneren und jüngeren Lehrpersonen zu erkennen waren. Alle Lehrpersonen sind sich der Wichtigkeit und Relevanz der Fachsprache bewusst. Das Wissen der Lehrpersonen über die Lehrmethoden und die Eigenschaften der Fachsprache ist jedoch niedrig und scheint in fast allen Fällen naiv zu sein. Deren Lehrmethoden unterscheiden sich von Lehrperson zu Lehrperson und ihnen scheint das explizite Lernen und Betonen der Fachsprache wenig wichtig zu sein. Das Lernen der Fachsprache wird mit dem Lernen einer Fremdsprache gleichgesetzt.

Schlussfolgerungen

Die genannte Pilotstudie zeigt, dass es möglich ist, CoRe zu entwickeln, der PCK der Lehrpersonen über das Lernen und Lehren der Fachsprache darstellt. Des Weiteren zeigt diese Fallstudie, dass die befragten Lehrpersonen wenig Wissen über das Lernen und Lehren der Fachsprache besitzen. Schließlich liefert die Studie ein Instrument, das als Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung in einer größeren Gruppe dienen kann. Somit werden die Daten von einer weiteren Gruppe der Lehrpersonen gesammelt, um das Instrument weiter zu ergänzen und validieren.
Jedoch sind einige Folgerungen an dieser Stelle erlaubt. Der hier entwickelte CoRe kann als ein Instrument für die Entwicklung des PCK von Lehramtsstudierenden und Lehrpersonen genutzt werden. Des Weiteren ist es vorstellbar, die CoRe-Matrix als ein Werkzeug zum Nachdenken und Reflektieren in der Lehreraus- und –fortbildung zu nutzen (Hume & Berry, 2011). Dies kann den Lehramtsstudierenden und Lehrpersonen helfen, ihr Wissen zu reflektieren und an einigen Stellen evtl. die eigenen Grenzen zu überschreiten, indem sie ihre Defizite identifizieren und diese z. B. auch mit Hilfe von Fachdidaktikern erforschen. Es ist auch vorstellbar, dass die angehenden Lehrpersonen mit den erfahrenen Kollegen kooperieren und weiter an der Entwicklung der CoRe arbeiten, aber auch an den bestehenden Aussagen reflektieren. Somit kann es als ein Instrument für Selbstreflektion und Selbstevaluation gesehen werden. Insgesamt ist CoRe ein Instrument, um das Bewusstsein der Lehramtsstudierenden und Lehrpersonen über deren Wissen anzuregen und ggf. zu entwickeln.

Literatur

Hume, A., & Berry, A. (2011). The use of CoRes as a meditational tool connecting communities of practice in teacher education. Paper presented at the ESERA, Lyon, France.

Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). Professional Learning. Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. Rotterdam: Sense Publishers.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Strauss, A. & Corbin, J. (1990). Basics of qualitative research. Thousand Oaks: Sage.

Swanborn, P.G. (1996). A common base for quality control criteria in quantitative and qualitative research. Quality and Quantity, 30, 19–35.

Sandra Puddu Universität Wien
Anja Lembens

Scaffolding bei der Einführung Forschenden Lernens

Die Einführung Forschenden Lernens wird von der European Commission (2007) als eine Möglichkeit empfohlen, um mit der Unterschiedlichkeit von SchülerInnen in einer Klasse konstruktiv umzugehen, die Lehrpersonen zunehmend in ihrem Unterricht wahrnehmen (s. Abels et al. in diesem Band). Damit Forschendes Lernen erfolgreich umgesetzt werden kann, ist auf die SchülerInnen abgestimmtes Scaffolding notwendig (Blanchard et al., 2010). In einer explorativen Studie wurde das Scaffolding einer Chemielehrperson untersucht. Dafür wurde der Laborunterricht einer 9. Klasse einer städtischen Handelsakademie ein Schuljahr lang begleitet. Dieser findet alle drei Wochen für 150 Minuten statt. Von Interesse ist, inwiefern das Scaffolding der Lehrperson auf die hohe Diversität der Klasse abgestimmt ist.

Forschendes Lernen und Scaffolding

Lederman (2007) empfiehlt Forschendes Lernen sukzessive einzuführen. Als Orientierung für diese Einführung können die Level von Inquiry (Tab. 1) dienen. Hier wird die schrittweise Öffnung dargestellt, von Level 0, bei dem die Lehrperson noch für den kompletten Prozess zuständig ist, bis Level 3, bei dem die Schülerinnen und Schüler die Verantwortung für den Prozess übernehmen. Als Ziele für das Forschende Lernen nennen Abrams et al. (2008): „Learning about inquiry", Learning to inquire" und „using inquiry to learn science content".

Tab. 1: Die Level Forschenden Lernens (Blanchard et al., 2010)

	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**

Mit der zunehmenden Öffnung des Prozesses ändert sich auch die Rolle der Lehrperson hin zum Coach (De Jong & Van der Valk, 2007). Dabei wird Scaffolding, also die Unterstützung und Begleitung beim Forschenden Lernen durchgeführt. Es können verschiedene Strategien angewendet werden (vgl. Duckworth, 2009; Furtak, 2008; van Zee & Minstrell, 1997).

Die Klasse

Die Diversität in dieser Klasse ist sehr hoch, einige Aspekte sollen hier beschrieben werden. Zu Beginn des Schuljahres besuchten 31 Schülerinnen und Schüler (20 w., 11 m.) die Klasse, sieben verließen während des Schuljahres die Schule. Der Altersunterschied zwischen dem jüngsten und dem ältesten Schüler beträgt drei Jahre und einen Monat. 28 von 31 SchülerInnen haben Migrationshintergrund, es werden 14 verschiedene Muttersprachen gesprochen. Dies hat Auswirkungen auf die Kompetenzen in der Unterrichtssprache. Die Bildungs- und Lebenswege der SchülerInnen sind auch sehr unterschiedlich. Der durchschnittliche IQ gemessen mit dem CFT-R (Weiß, 2006) liegt bei 101, die Bandbreite reicht von 66 bis 124. Das durchschnittliche akademische Selbstkonzept (Dickhäuser, Schöne, Spinath, & Stiensmeier-Pelster, 2002) liegt bei 3,6 (Bandbreite 1,2 - 5,0 auf einer Likert-Skala von 1 – 5 (5 - höchstes akademisches Selbstkonzept).

Forschungsfrage und Methode
In dieser Klasse führte die Lehrperson (24 Jahre Unterrichtserfahrung) Forschendes Lernen schrittweise nach den Level (s. Tab. 1) ein. Um das Scaffolding analysieren zu können, wurden Video- und Audioaufnahmen gemacht, passive teilnehmende Beobachtung durchgeführt und Aufgabenblätter sowie ausgefüllte Laborprotokolle herangezogen. Die Forschungsfrage lautete: „Wie begleitet die Lehrperson Schülerinnen und Schüler beim Forschenden Lernen unter Berücksichtigung der Diversität?“ Die Auswertung wurde mittels induktiver Zusammenfassung nach Mayring (2008) durchgeführt.

Ergebnisse
Während der Analyse bildeten sich vier Hauptkategorien des Scaffoldings heraus. Diese sind „Sprache“, „Forschendes Lernen durchführen“, „Lernen über Forschendes Lernen“ und „Inhalte lernen“. Interessant ist, dass sich diese Kategorien (ausgenommen Sprache) mit den Zielen decken, die Abrams et al. (2008) formuliert haben. Im Folgenden werden die Kategorien „Sprache“ und „Forschendes Lernen durchführen“ ausführlicher vorgestellt.

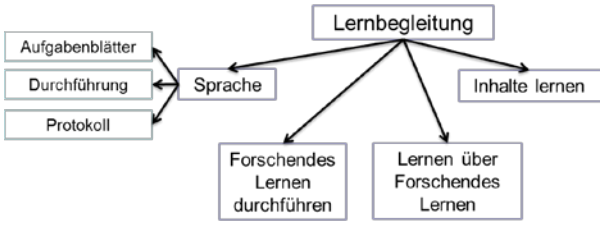


Abb. 1: Kategorien zur Lernbegleitung

Beim Scaffolding, das der Kategorie Sprache zugeordnet wurde, bildeten sich drei Unterkategorien heraus: „Aufgabenblätter“, „Durchführung“ und „Protokoll“ (Abb. 1). Die Aufgabenblätter zeichnen sich häufig durch Visualisierungen, klare Strukturierung und einfache Sprache aus. Bei der Durchführung achtet die Lehrperson darauf wenig geläufige Wörter wie „spröde“ oder „Apparatur“ zu erklären. Unklarheiten bei der Verwendung von Wörtern, wie z. B. „schwer“ und „schwierig“, die in einigen Protokollen der SchülerInnen synonym verwendet wurden *(„Mit Wasser wird die Masse schwieriger als, ohne Wasser.“* P20111010), werden im Unterricht aufgegriffen und geklärt. Die Unterscheidung von „Schmelzen“ und „Lösen“ war für die Lehrperson so wichtig, dass hierzu eine komplette Laboreinheit geplant und umgesetzt wurde (vgl. Puddu & Koliander, 2013). Schriftliche Aufgabenstellungen werden oft mündlich erklärt und zusätzlich von SchülerInnen zusammengefasst, wobei hier die Kombination von Wort und Gestik besonders wichtig erscheint.
Bei den Protokollen unterstützt die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler durch Beispielsätze und -tabellen sowie durch Leitfragen. Die Lehrperson lässt sich auch Sätze aus dem Protokoll vorlesen und macht Verbesserungsvorschläge, wodurch die SchülerInnen ihre Formulierungen optimieren können und auch die Aussprache geübt wird.
Bei der Kategorie „Forschendes Lernen durchführen“ konnten die sich ergebenden Unterkategorien auf die Level des Forschenden Lernens zurückgeführt werden. Bei Level 0 liegt der Schwerpunkt auf dem Lesen und Verstehen von Arbeitsanleitungen, der Erklärung von Geräten wie Pipette oder Tropffläschchen. Beim Forschenden Lernen auf Level 1, bei dem die Interpretationen den SchülerInnen überlassen werden, liegt der Schwerpunkt der Lernbegleitung im Gedanken ordnen, Fokussieren und Bestätigen. Im folgenden Beispiel, die Fragestellung lautet „Woraus bestehen 2-Cent Münzen?“, bestätigt die Lehrperson zunächst, dass der Wasserspiegel steigt, dann fokussiert sie auf die für die Berechnung der Dichte notwendigen Daten.

„S1: Also die Münzen haben ja auch eine, eine, ein, eine Dings …
S2: Ein Volumen.
S1: Und deswegen steigt das Wasser.
S2: … das, wenn man reingibt, dann wird es höher, weil es verdrängt wird, das Wasser, nach oben. Und deswegen steigt es. Ist das richtig?
L: Das ist einmal richtig für diese Volumensmessung, ja. Und die Dichte, für die Dichte brauchst du aber jetzt eben das Volumen und die Masse.“ T20111107Reihe1li_Teil1 423

Bei Level 2, hier übernehmen die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die Verantwortung für die Methodenwahl, führt die Lehrperson eine zeitliche Trennung zwischen Planung und Experiment ein. Durch die Trennung der Phasen ist es der Lehrperson möglich, die Planung auf Machbarkeit und Sicherheitsbestimmungen hin zu überprüfen, fehlende Materialien zu besorgen und wenn nötig, mit den SchülerInnen gemeinsam eine Veränderung der Planung zu besprechen. Während der Durchführung stehen bei der Lernbegleitung offene Fragen im Mittelpunkt, die den SchülerInnen bei der Befolgung der Planung, der Ergebnissicherung und der Interpretation helfen sollen, wie z. B. „Warum machst du das?“, „Was wisst ihr jetzt?“
Level 3 konnte nicht beobachtet werden, da die Lehrperson entschieden hat, dass es eine Überforderung für die Schülerinnen und Schüler gewesen wäre.

Ausblick
Ausgehend von dieser Einzelfallstudie zum Scaffolding wird die Passung mit den individuellen Bedürfnissen der SchülerInnen diskutiert. Daraus werden Empfehlungen abgeleitet für die Implementierung von Forschendem Lernen in Klassen mit hoher Diversität.

Literatur

Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2008). Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.

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.

De Jong, O., & Van der Valk, A. E. (2007). Science Teachers' PCK and Teaching Practice: Learning to Scaffold Students' Open-Inquiry Learning. In R. Pinto & D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Research* (pp. 107-118). Dordrecht: Springer.

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.

Duckworth, E. (2009). Helping Students Get to Where Ideas Can Find Them. *The New Educator, 5*, 185-188.

European Commission. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Furtak, E. M. (2008). *The Dilemma of Guidance. An Exploration of Scientific Inquiry Teaching*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.

Lederman, N. G. (2007). What did you do in science today? In E. Abrams, S. A. Southerland & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the classroom. Realities and Opportunities* (pp. 25-35). Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.

Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken.* (10. ed.): Beltz Verlag, Weinheim und Basel.

Puddu, S., & Koliander, B. (2013). Diversität beim Forschenden Lernen - Berücksichtigung von Migration und Alter im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 24*(135), 26-30.

van Zee, E., & Minstrell, J. (1997). Using Questioning to Guide Student Thinking. *The Journal of the Learning Sciences, 6*(2), 227-269.

Weiß, R. H. (2006). *CFT 20-R Grundintelligenztest Skala 2 - Revision*. Göttingen: Hogrefe.

Simone Abels Universität Wien

Forschendes Lernen im Chemieunterricht einer inklusiven Schule

Im Rahmen einer qualitativen Fallstudie wird beforscht, inwiefern Lernumgebungen im Sinne Forschenden Lernens im Chemieunterricht geeignet sind, um erfolgreich mit den heterogenen Lernvoraussetzungen von SchülerInnen umzugehen. Die Studie wird in Kooperation mit einer inklusiven Mittelschule (Sekundarstufe I) durchgeführt. Im Fokus dieses Artikels steht die Lernbegleitung der SchülerInnen durch die Lehrperson während des Forschenden Lernens.

Die Schule

Für die Kooperation wurde eine sog. inklusive Mittelschule ausgewählt, die sich aus einer Sonderschule heraus entwickelt hat, also den umgekehrten Weg der Integration gegangen ist, und sich damit von konventionswidriger[1] Separation abgewendet hat. SchülerInnen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf besuchen gemeinsam die zwei- bis dreizügige Schule von der fünften bis zur achten Jahrgangsstufe. Jeder Jahrgang wird von einem Jahrgangsteam aus Hauptschul-, Sonderschul- und (seltener) GymnasiallehrerInnen unterrichtet. Förderbedarfe liegen vor in den Bereichen geistige Entwicklung, Sprache, Lernen sowie emotionale und soziale Entwicklung. Entwicklungsbegleitende Maßnahmen, die von einem Schulentwicklungsteam etabliert und evaluiert werden, unterstützen die SchülerInnen in ihrer Entwicklung, z. B. gibt es heilpädagogisches Voltigieren, Legastheniekurse, Lerncoachings u. v. m. Die Leitlinien der Schule sind Integration, Individualisierung, Differenzierung, offenes Lernen, Freiarbeit, Sozial- und Methodenkompetenz sowie entdeckendes Lernen. Letzteres wird im naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere in der Lernwerkstatt umgesetzt, in der jede Schulklasse einmal pro Schuljahr die Gelegenheit hat, drei Tage lang an eigenen Fragestellungen zu arbeiten. Das Konzept entspricht dem offenen Forschenden Lernen (Blanchard et al., 2010; vgl. Puddu in diesem Band), bei dem die SchülerInnen alle Schritte einer naturwissenschaftlichen Untersuchung eigenständig übernehmen (s. Abb. 1).

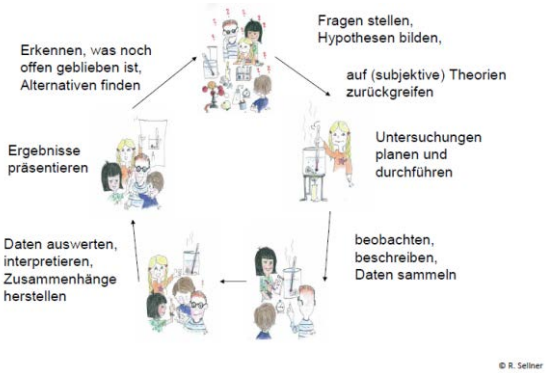


Abb. 1: Ein idealisierter Forschungszyklus (Abels, Puddu & Lembens, 2014, S. 40)

[1] Gemeint ist hier die UN-Konvention von 2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderung, die ein inklusives Schulsystem verlangt, zu dem sich auch Österreich und Deutschland verpflichtet haben. Solange allerdings unterschiedliche Schultypen nebeneinander bestehen, gibt es keine tatsächliche Inklusion, sondern es kann nur von Integration die Rede sein (Sliwka, 2010).

Obwohl Studien zeigen, dass angemessen strukturiertes forschendes Lernen sich besonders eignet, um SchülerInnen differenziert zu fördern (Scruggs & Mastropieri, 2007; Abels, accepted), stellen sich die LehrerInnen der Schule einer doppelten Herausforderung, denn die Umsetzung forschenden Lernens wird oftmals als wenig vereinbar mit dem Lehrplan und eigenen Überzeugungen empfunden (Barron et al., 2012), während die Unterschiedlichkeit von Lernvoraussetzungen in einer Klasse als Erschwernis des Berufs gilt (Abels & Markic, 2013).

Das Forschungsprojekt

Im vorliegenden Projekt „Umgang mit Diversität im naturwissenschaftlichen Unterricht" wird daher der Frage nachgegangen, wie die Lehrerinnen an der beschriebenen Schule mit der doppelten Herausforderung umgehen, forschendes Lernen in einer heterogenen Klasse umzusetzen. Mittels Videographie wird die Lernwerkstatt sowie der Chemieunterricht von zwei achten Klassen beobachtet und begleitet. In diesem Artikel wird nur der Chemieunterricht fokussiert. Dieser findet in Halbgruppen gegliedert statt – ohne die SchülerInnen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Jede Halbgruppe hat eine Stunde Chemie pro Woche. Im Folgenden wird sich konkret der Frage gewidmet, wie die Chemielehrerin dieser beiden Klassen das Lernen der SchülerInnen in verschiedenen Unterrichtssettings unterstützt. Die Chemielehrerin hat 27 Jahre Unterrichtserfahrung in der Sekundarstufe I, auch in integrativen Schulversuchen, und wurde an einer Pädagogischen Hochschule in Mathematik, Chemie, Physik und Informatik ausgebildet. Folgendes Zitat illustriert ihren Blick auf den Chemieunterricht:

„Ich mach zwar wahrscheinlich ein Viertel vom Stoff, aber dafür ist es, glaub ich, begreifbarer für die Kinder und das nehm ich einfach in Kauf. Weil auch wenn ich den ganzen Stoff, sie merken's sich nicht."

Vier ausgewählte Videoszenen werden mittels Grounded Theory nach Charmaz (2006) analysiert, technisch unterstützt durch das Programm ATLAS.ti (Version 7.1):

Tab. 1: Ausgewählte Videoszenen

Szene	**Methode und Inhalt**	**SchülerInnen**
Doppelstunde am 05.03.2014	Unterrichtsgespräch zum Thema Atome, Atombindung	7 SchülerInnen der 8b/Halbgruppe 1
Einzelstunde am 21.03.2014	Strukturiertes forschendes Lernen (structured inquiry) zum Thema Elektrolyse von Wasser	7 SchülerInnen der 8a/Halbgruppe 1
Einzelstunde am 30.10.2013	Gelenktes forschendes Lernen (guided inquiry) zum Thema Destillation eines Wasser-Ethanol-Gemisches	9 SchülerInnen der 8b/Halbgruppe 1
Einzelstunde am 30.10.2013		7 SchülerInnen der 8b/Halbgruppe 2

Ergebnisse

Im Unterrichtsgespräch dominiert die Besprechung von fachlichen Konzepten, Zusammenhängen, Fakten und Theorien. Als Hilfe für die SchülerInnen wird auf Schulbücher und darin enthaltene Modelle zurückgegriffen. Auffällig ist die hohe Dichte an Fachvokabular und Nomen sowie unterstützende Gestik im Vergleich zu handlungsorientieren Phasen. Bemerkenswert ist, wie die Lehrerin die Vorstellungen der SchülerInnen aktiviert und fachliche Inhalte zunächst auf Basis subjektiver Theorien diskutiert werden. Aufgrund der Intensität dieser Diskussionen bleibt oft in derselben Stunde zu wenig Zeit für die Rückbindung dieser Vorstellungen an die wissenschaftlich angemessenen Konzepte zu Atomen und Atombindungen.

Beim strukturierten forschenden Lernen liegt der Fokus auf der Durchführung von angeleiteten Schülerexperimenten in Kleingruppen sowie der Beobachtung und

Beschreibung von Phänomenen, die bei der Elektrolyse von Wasser auftreten. Durch offene Fragen aktiviert die Lehrerin auch hier die Schülervorstellungen und fordert die Lernenden auf, auf dieser Basis ihre Beobachtungen zu interpretieren. Doch auch hier fehlt oft die Zeit für eine Ergebnissicherung und eine Rückbindung an fachliche Konzepte. Natürliche Differenzierung erfolgt durch die Aufgabenstellung und die Sozialform.
Beim gelenkten forschenden Lernen gibt es viele Kodierungen, die der Phase der Versuchsplanung und – etwas weniger – der Versuchsdurchführung zuzuordnen sind. Darüber hinaus sind insbesondere strukturierende Elemente dominant, die die Gruppenarbeit lenken. Auffällig ist, dass die beteiligten SchülerInnen andere Rollen einnehmen als im Unterrichtsgespräch. Ein Schüler beispielsweise, der sich am Gespräch kaum beteiligt hat, versucht hier die Versuchsdurchführung massiv voranzutreiben und den Versuch zu Ende zu bringen. Ein Schüler, der sich nur zurückhaltend am Gespräch beteiligte, zeigt eine enorm hohe Problemlösekompetenz und Leadership.
Somit dominieren in jeder Szene andere von den in Abbildung 1 dargestellten Kompetenzbereichen, sodass die SchülerInnen in jedem Setting die Möglichkeit haben, bestimmte Kompetenzen auszubauen. Allerdings bräuchte es für eine systematische Kompetenzentwicklung im fachlichen und überfachlichen Bereich eine Zusammenführung der einzelnen Kompetenzbereiche innerhalb eines Settings, was zeitlich kaum machbar ist bei einer Chemiestunde pro Woche pro Halbgruppe. In informellen Gesprächen mit der Lehrperson wurde diskutiert, die Halbgruppen 14tägig zu unterrichten, dafür aber in Doppelstunden.

Ausblick

Interessant wäre, den Fachunterricht in Halbgruppen mit einem Setting zu vergleichen, an dem alle SchülerInnen einer Klasse teilnehmen. Dies kann untersucht werden, indem die Lernbegleitung im Chemieunterricht mit der in der offenen Lernwerkstatt kontrastiert wird, die alle SchülerInnen einer Klasse besuchen. Dabei wird auf die Analyse der Videoszenen mittels dokumentarischer Methode (Bohnsack, 2013) zurückgegriffen, um die Orientierungsrahmen, die auf die Unterrichtskultur wirken, herausarbeiten zu können.

Literatur

Abels, S. (accepted). Implementing Inquiry-based Science Education to Foster Emotional Engagement of Special Needs Students. In M. Kahveci & M. Orgill (Eds.), Affective Dimensions in Chemistry Education. Heidelberg: Springer.

Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt – neue Perspektiven im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 24(135), 2-6.

Abels, S., Puddu, S. & Lembens, A. (2014). Wann flockt die Milch im Kaffee? Mit „Mysteries“ zu differenziertem Forschenden Lernen im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 25(142), 37-41.

Barron, L., Finlayson, O. & McLoughlon, E. (2012). The Views of Preservice and Inservice Teachers on IBSE. Paper presented at the ESTABLISH SMEC 2012. Teaching at the Heart of Learning, Dublin, Ireland.

Blanchard, M., 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.

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I. & Nohl, A. M. (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung (3 ed.). Wiesbaden: Springer VS.

Charmaz, K. (2006). Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis. London: Sage.

Scruggs, T. E. & Mastropieri, M. A. (2007). Science Learning in Special Education: The Case for Constructed Versus Instructed Learning. Exceptionality, 15(2), 57-74.

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.

Adejoke Adesokan Universität zu Köln
Christiane S. Reiners

Konzeption zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen für Lernende im Chemieunterricht an Förderschulen

Einführung

Die Forderung nach einem inklusiven Schulsystem und einem differenzierten Umgang mit heterogenen Lerngruppen hat v. a. durch die Unterzeichnung der *Behindertenrechtskonvention* (United Nations, 2006) und die zunehmende Pluralität in deutschen Schulklassen an Bedeutung geworden. Deutschland befindet sich derzeit auf dem Weg zu einem inklusiven Schulsystem, in dem alle Lernenden ungeachtet ihrer individuellen Bedürfnisse und Begabungen gemeinsam unterrichtet werden sollen. Um eine bestmögliche Förderung aller Lernenden zu ermöglichen, ist eine genaue Kenntnis über die individuellen Lernvoraussetzungen zur Gestaltung entsprechender Lehr- und Lernumgebungen unerlässlich (Hintermair, 2012). Vor welchen Herausforderungen Lernende mit Förderbedarf beim Lernen von Naturwissenschaften stehen und welche konkreten Konzepte in einem inklusiven Unterricht eingesetzt werden könnten, wurde bislang kaum untersucht. Um diesem Forschungsdesiderat zu begegnen, wurden Problem- und Bedarfsbereiche von Lernenden mit Förderbedarf im Chemieunterricht im Rahmen einer qualitativ-explorativ Studie diagnostiziert. Am Beispiel von Lernenden mit dem Förderschwerpunkt Hören konnte herausgestellt werden, dass sprachliche Defizite vorliegen, die sich v. a. auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen (z. B. Dokumentieren von Experimenten, Umgang mit Modellen) auswirken (Adesokan & Reiners, 2014). Um den angesprochenen Lernschwierigkeiten entgegenzuwirken, wurde ein Förderkonzept zur Beantwortung der folgenden Forschungsfrage entwickelt: *Auf welche Weise können Lernende mit Förderbedarf im Anwenden von Fachbegriffen, Beschreiben und Erklären von naturwissenschaftlichen Phänomenen mit Modellen unterstützt werden?* Das Förderkonzept, das bereits erfolgreich an den Förderschulen Hören und Sprache getestet werden konnte, soll in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Theoretischer Hintergrund

Basierend auf dem Konzept der *Partizipativen Aktionsforschung* (Kemmis & McTaggart, 2007) wurde in Kooperation mit erfahrenen Sonderschullehrenden ein Förderkonzept entwickelt. Ergänzend zu den Empfehlungen der Lehrkräfte war zur theoretischen Begründung des Förderkonzeptes eine umfassende Literaturrecherche in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen notwendig. Aus der Chemiedidaktik wurden v. a. der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ und die Basiskonzepte der Bildungsstandards berücksichtigt (KMK, 2005). Weiterhin wurde das Dreieck von Johnstone (2000) einbezogen, das die Bedeutung der makroskopischen, submikroskopischen und symbolischen Ebene für den Chemieunterricht betont. Da bei den Lernenden nach Angaben der Lehrkräfte ein erhöhter Sprachförderbedarf vorliegt, sind Aufsätze zur Sprachförderung im Fachunterricht unter besonderer Berücksichtigung von Lernenden mit Deutsch als Zweitsprache (z. B. Gibbons, 2002) in die Überlegungen eingegangen. Weiterhin konnten internationale Vorgaben zur barrierefreien Gestaltung von Informationen berücksichtigt werden, die u. a. auf die Bedürfnisse von Menschen mit Lernschwierigkeiten abgestimmt sind (Inclusion Europe, 2009). Um den unterschiedlichen Fähigkeiten und Begabungen der Lernenden gerecht zu werden, wurden schließlich grundlegende pädagogische Prinzipien wie Differenzierung und individuelle Förderung (Jonassen, 2012) sowie Maßnahmen zum Kooperativen Lernen (Gilles, 2007) im Förderkonzept umgesetzt.

Beschreibung des Förderkonzeptes

In Zusammenarbeit mit den Lehrkräften sind Fördermaterialien zum „Löslichkeitskonzept“ für den Anfangsunterricht Chemie entstanden. In der sechswöchigen Unterrichtseinheit wurden Zucker- und Salzlösungen hergestellt und mit Stofftrennverfahren in die Ausgangsstoffe zurückgeführt. Die Lernenden sollten die Vorgänge dann mit dem Teilchenmodell (Basiskonzept „Stoff-Teilchen“) interpretieren. Der Unterricht wurde von den regulären Lehrkräften durchgeführt und von der Autorin teilnehmend beobachtet. Visualisierung, Sprachförderung und Strukturierung haben sich dabei als Prinzipien herausgestellt, die für die Gestaltung der Fördermaterialien von besonderer Bedeutung waren. Die konkrete Umsetzung der Prinzipien (siehe Abb. 1) soll im Folgenden exemplarisch vorgestellt werden.

Visualisierung

Durch die Unterstützung einer Grafikdesignerin konnten visualisierte Versuchsanleitungen angefertigt werden sowie Piktogramme, die den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess in vereinfachter Form darstellen sollen. Die Piktogramme zu den zentralen Begriffen der Unterrichtseinheit (Vermutung, Materialien/Geräte, Durchführung, Beobachtung, Erklärung) konnten durch entsprechende Fachgebärden aus dem Lexikon der Deutschen Gebärdensprache von Kestner (2009) ergänzt werden. Die Dokumentation der Experimente erfolgte nicht in schriftsprachlicher Form, wie es in einem klassischen Versuchsprotokoll üblich ist, sondern durch zeichnerische Darstellungen. Dabei wurde sowohl die makroskopische als auch die submikroskopische Ebene angesprochen und durch Modellierungsaufgaben ergänzt.

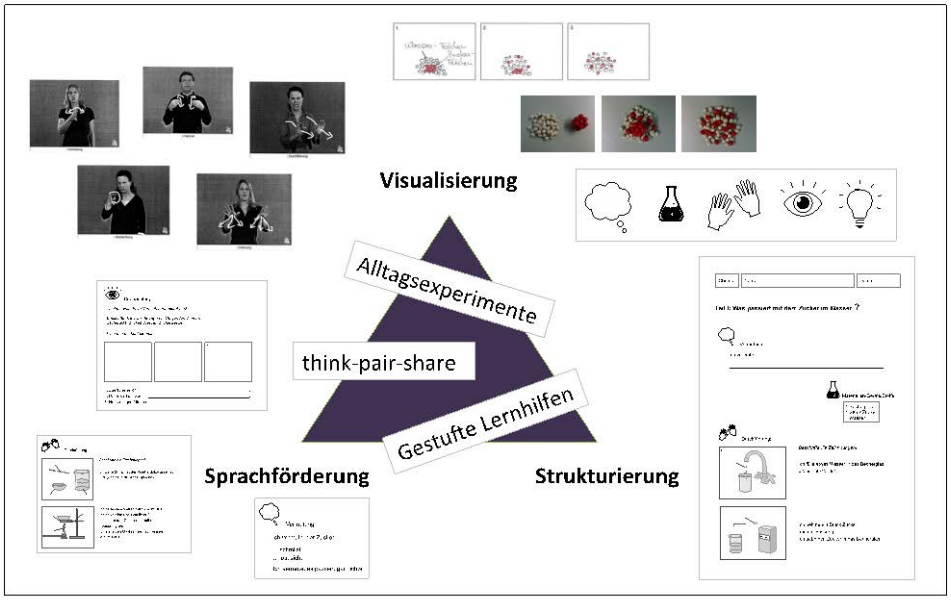


Abb. 1: Elemente des Förderkonzeptes (Hinweis: Die Abbildungen zu den Gebärden stammen aus dem Wörterbuch der Deutschen Gebärdensprache von Karin Kestner)

Sprachförderung

Die sprachliche Unterstützung der Lernenden wurde vorwiegend durch die Bereitstellung unterschiedlicher Aufgabenformate realisiert. Zu den Aufgaben zählten das Beschriften der Abbildungen und eigener Zeichnungen durch Fachbegriffe, Multiple-choice-Aufgaben, Lückentexte und Satzanfänge. Weiterhin wurden die visualisierten Versuchsanleitungen durch Versuchsbeschreibungen in *leichter Sprache* ergänzt.

Strukturierung
Die Piktogramme dienten nicht nur dazu, den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu visualisieren, sondern auch der Strukturierung der Lern- und Arbeitsprozesse der Lernenden. Auch wenn Lernende nur über geringe Lesekompetenzen verfügen, können sie anhand der Piktogramme nicht nur die Aufgabenstellungen erschließen, sondern auch die dazugehörigen gestuften Lernhilfen zur Unterstützung identifizieren, die ebenfalls mit den Piktogrammen gekennzeichnet sind. Die Unterrichtseinheit wurde in die kooperative Lernform „think-pair-share“ eingebettet.

Weitere Vorgehensweisen und Perspektiven
Die Fördermaterialien konnten bereits in verschiedenen Klassen mit Lernenden (n = 38) der Förderschulen Hören und Sprache getestet werden. Die Ergebnisse der kriteriengeleiteten Analyse der Fördermaterialien, Selbst- und Fremdeinschätzungsbögen belegen, dass die untersuchten Lernenden gleichermaßen von den Fördermaterialien profitiert haben. Da sprachliche Schwierigkeiten eine große Hürde beim Lernen von Naturwissenschaften darstellen können (Wellington & Osborne, 2001), ist denkbar, dass viele Lernende von Fördermaterialien profitieren können, die sprachliches und fachliches Lernen berücksichtigen. Auch im Hinblick auf Lernende mit Deutsch als Zweitsprache und inklusive Lerngruppen wird eine hohe Anschlussmöglichkeit des Förderkonzeptes erwartet. Ausgehend von diesen Befunden könnten weitere Studien in einem inklusiven Unterricht folgen.

Literatur
Adesokan, A.; Reiners, Ch. S. (2014). Working towards inclusive education: Introducing scientific reasoning and methods of investigation to students with special needs in cheistry classes. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 12. Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association, 84-93. http://www.esera.org/media/esera2013/Adejoke_Adesokan_12Dec20132.pdf

Gibbons, P. (2002). Scaffolding language, scaffolding learning: teaching second language learners in the mainstream classroom. Portsmouth, NH: Heinemann.

Gilles, R.M. (2007). Cooperative learning – Integrating theory and practice. Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage.

Hintermair, M. (2012). Sprache, Kognition und Lernen - Herausforderungen an die Inklusion gehörloser und schwerhöriger Kinder. Heidelberg: Median-Verlag.

Inclusion Europe (2009). Information for all – European standards for making information easy to read and understand. Brüssel: Inclusion Europe.

Johnstone, A.H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1 (1), 9-15.

Jonassen, D.H.; Grabowski, B.L. (2012). Handbook of Individual Differences – Learning and Instruction. New York, Oxfordshire: Taylor & Francis.

Kemmis, S.; McTaggart, R. (2007). Participatory Action Research – Communicative Action and the public Sphere. In N.K. Denzin; & Y.S Lincoln (Eds.), Strategies of Qualitative Inquiry (pp. 271-330). Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage.

Kestner, K. (2009). Das große Wörterbuch der Deutschen Gebärdensprache (software).

United Nations (2006). UN-Convention on the Rights of Persons with Disabilities. http://www.un.org/disabilities/convention/conventionfull.shtml (Letzter Zugriff: 26.09.2012, 15:23 Uhr)

Wellington, J.; Osborne, J. (2001). Language and literacy in science education. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.

Marianne Korner Universität Wien
Martin Hopf

Cross-Age Peer Tutoring: Lernerfolge in Elektrizitätslehre und Optik

Einleitung

Die vorliegende Untersuchung[1] beschäftigte sich mit der Evaluation der Unterrichtsmethode Cross-Age Peer Tutoring (CAPT) anhand exemplarisch ausgewählter Themen aus dem Unterricht der Sekundarstufe I in Physik. Im Zentrum der Untersuchungen stand der Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Rollen, die die Schüler/innen während der CAPT Intervention innehatten (Tutoren, Doppelrolle als Tutees/Tutoren oder Tutees), den unterschiedlichen Voraussetzungen, die die einzelnen Klassen mitbrachten und dem Lernerfolg.

Theoretischer Hintergrund

Cross-Age Peer Tutoring ist eine Unterrichtsform, bei der ältere Jugendliche, die keine professionellen Lehrer/innen sind, mit Jüngeren Lernprozesse gestalten und so selbst dazulernen (Gaustad, 1993; Topping, 1996). Als Gegenstand fachdidaktischer Forschung verlagerte sich der Forschungsschwerpunkt vermehrt von den Tutees auf die Tutoren, bei denen überraschende Lernzuwächse gefunden werden können (Robinson, Schofield, & Steers-Wentzell, 2005; Topping, 2005). Ebenso entwickelten sich die Anwendungsgebiete hin zu einer, den regulären Unterricht ergänzenden oder ersetzenden Lernform. Hattie (2009) bescheinigt in seiner Studie Peer und Cross-Age Peer Tutoring positive Effekte mit einer mittleren Effektstärke von 0,55 *(zone of desired effects)*. Die empirische Forschung zu CAPT erläutert, wie man die Erfolge dieser Interaktionen maximieren kann: So berichten Fogarty und Wang (1982), dass der Altersabstand nicht zu groß sein sollte. Ebenso funktionieren gut strukturierte Programme, die auf *cross-age* Basis arbeiten, deren Interventionszeit nicht zu lange ist und die sich auf einfachere Aufgaben beschränken, besser (Cohen, Kulik, & Kulik, 1982; Topping, 2005). Aktuellere Metastudien (Robinson, et al., 2005; Rohrbeck, Ginsburg-Block, Fantuzzo, & Miller, 2003) weisen besonders auf Lernerfolge von Risikoschüler/innen hin. Allerdings sind Studien, die die 5. bis 8. Schulstufe betreffen, erstaunlich selten.

Inhaltlich sind Studien, die sich mit Mathematik befassen in der Mehrzahl (Cohen, et al., 1982; Fogarty & Wang, 1982; Robinson, et al., 2005). Rohrbecks Metaanalyse beschreibt „akademische“ Inhalte. Studien zur Eignung der Methode in den Naturwissenschaften sind hingegen rar (Howe, Tolmie, Greer, & Mackenzie, 1995; Zinn, 2009). Es bleibt weitgehend offen, ob sich diese Unterrichtsmethode wegen des notwendigen Konzeptwechsels (Duit & Treagust, 2003) auch zur Vermittlung physikalischer Inhalte eignet.

Daher ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Weisen die Schüler/innen der 5. bis 8. Schulstufe nach der CAPT Intervention in Optik und Elektrizitätslehre bessere Testergebnisse auf?
- Profitieren auch Tutoren von dieser Methode? Welche Unterschiede in den Posttestergebnissen kommen dadurch zustande, dass die Schüler/innen innerhalb des Tutoring-Prozesses unterschiedliche Rollen innehatten?
- Welche Prädiktoren können für die Modellierung der Posttestergebnisse im Rahmen einer MLR gefunden werden?

[1] Studie im Rahmen einer Forschungs-Bildungs-Kooperation (Sparkling Science Projekt), finanziert vom österreichischen Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

- Welche Einflüsse auf die Posttestergebnisse ergeben sich aufgrund unterschiedlicher Klassenzugehörigkeiten?

Forschungsdesign
An einem Praetest-Posttest – Design nahmen neun Klassen, mit n = 172 (bzw. 174) Proband/innen, aus der Sekundarstufe 1 teil. Aus Gründen der Curriculumsvalidität wurde im ersten Studienjahr zur Elektrizitätslehre gearbeitet, im zweiten Studienjahr zur Optik (Schatten, Spiegel, abhängig von der Altersstufe der Tutees). Die Interventionen wurden jeweils auf Basis grundlegender Konzepte gestaltet.
Als Vorbereitung der Tutoren diente ein Mentoring, in einem zeitlichen Abstand von mindestens einer Woche erfolgte das eigentliche Tutoring. Einige Klassen durchliefen diesen Prozess zwei Mal (vgl. Korner, Urban-Woldron, & Hopf, 2013). So ergaben sich die drei möglichen Rollen für die Schüler/innen: die der Tutoren, die der Tutees und die Doppelrolle.
Die Erhebung des jeweiligen Wissensstandes erfolgte durch ein Testinstrument zur Elektrizitätslehre (Urban-Woldron & Hopf, 2012). Im Bereich der Optik wurde ein Wissenstest zum Thema Schatten selbst konstruiert (α = 0,66) und zum Thema Spiegel wurden Items nach Haagen-Schützenhöfer (2014) adaptiert (α = 0,62).

Datenanalyse
Für die Analysen zur Elektrizitätslehre wurden die Praetests zunächst auf Homogenität in den Parametern Rollenverteilung, Schulform, Klassenzugehörigkeit und Jahrgangsstufe auf einem Signifikanzniveau von α = 0,05 als homogen getestet. Basierend darauf wurde ein Prae-Post-Vergleich mittels t-Test durchgeführt (Korner et al., 2013). Es konnte eine höchst signifikante Steigerung mit einer interessanten Effektstärke von 0,46 und einer Power von 0,99 nachgewiesen werden. Die Posttests stellten sich auf Basis einer ANOVA im Unterschied zu den Praetests als nicht homogen heraus. In tiefergehenden Kontrastanalysen konnte die Rolle als diskriminierender Faktor identifiziert werden: Schüler/innen in der aktiven Rolle (Tutoren, Doppelrolle) schnitten hochsignifikant besser ab als jene in der passiven Rolle, während die unterschiedliche *time-on-task* keinen statistisch bedeutsamen Einfluss hatte. Um die so gewonnenen Ergebnisse zusammenzufassen und ihre individuellen Beiträge zu quantifizieren, wurden verschiedene Multilineare Regressionsmodelle gerechnet. Jenes Modell, in das die Prädiktoren Praetest, aktive Rolle und Muttersprache eingingen, stellte sich mit einer aufgeklärten Varianz von 0,25 bei einer Effektstärke von 0,37 als geeignetstes heraus, um Posttestergebnisse zu modellieren. Interessant ist, dass das Geschlecht der Schüler/innen keinen nennenswerten Einfluss hatte.
Auch im Bereich der Optik konnten Prae-Post-Vergleiche höchstsignifikante Unterschiede mit Effektstärken von 0,62 (Spiegel) und 0,49 (Schatten) aufzeigen. Da das Sample jedoch in den Praetests sehr unterschiedlich war und obendrein zu den zwei unterschiedlichen Themen noch drei verschiedene Rollen hinzukamen, deren Einfluss ohnehin schon in der Elektrizitätslehre gezeigt werden konnte, boten sich hier klassenweise Analysen an. In einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung (gemischtes Design) wurden jeweils die Haupteffekte (HE) Testzeitpunkt und Klassenzugehörigkeit getestet. Für das Thema Schatten zeigte sich, dass der HE Testzeitpunkt höchstsignifikant und aufgrund der Wechselwirkungsdiagramme interpretierbar war, während das für die Klassenzugehörigkeit nicht der Fall war: aus unterschiedlichen Klassenzugehörigkeiten lassen sich nicht eindeutig unterschiedliche Posttestergebnisse folgern. Für das Thema Spiegel stellte sich die Lage etwas anders dar: Hier sind beide HE eindeutig interpretierbar, daher lassen unterschiedliche Klassenzugehörigkeiten auf Unterschiede in den Posttests schließen.

Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in der getesteten Altersstufe der Zehn- bis Vierzehnjährigen die CAPT Interventionen zu den drei Themen Elektrizitätslehre, Spiegel und Schatten zu höchstsignifikanten Verbesserungen der Posttests gegenüber den Praetests geführt hat. Die praktische Bedeutung kann an Effektstärken beurteilt werden, die nach Hattie (2009) als nennenswert zu klassifizieren sind. Eine eingehende Analyse der Rollen konnte zeigen, dass im Tutoring-Prozess die aktive Rolle für Lernfortschritte entscheidend ist, was für eine Implementierung in den Schulalltag wichtig erscheint. Dieses Ergebnis kann dahingehend interpretiert werden, dass CAPT als konstruktivistische Lernumgebung einen Konzeptwechsel unterstützt, wenn nicht sogar einleitet. Daher konnten Regressionsanalysen als entscheidende Prädiktoren die Praetests die Rolle und die Muttersprache identifizieren. Nicht aber scheint das Geschlecht von Bedeutung zu sein, was im Hinblick auf die Interessen der Mädchen im Physikunterricht (Häußler, Bünder, Duit, Gräber, & Mayer, 1998) eine vielversprechende Aussage ist. Das, wie auch ein möglicher Konzeptwechsel, wären sicherlich geeignete Untersuchungsgegenstände für zukünftige Studien. Was den Einfluss der Klassenzugehörigkeit auf die Wirksamkeit von CAPT betrifft, konnten zunächst keine einheitlichen Aussagen gemacht werden. Was die Subgruppen unterschied, waren die unterschiedlichen Anteile an Schüler/innen mit nicht-deutscher Muttersprache. In Abhängigkeit von der sprachlichen Schwierigkeit des gewählten Themas lässt sich vermuten, dass CAPT erst ab einem gewissen sprachlichen oder kognitiven „Mindestniveau“ wirkt. Auch ein derartiger Zusammenhang wäre eine lohnenswerte Fragestellung für eine Folgestudie.

Literatur

Cohen, P. A., Kulik, J. A., & Kulik, C. L. C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring - A Meta-Analysis of Findings. *American Educational Research Journal, 19*(2), 237-248.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual Change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*(6), 671-688.

Fogarty, J. L., & Wang, M. C. (1982). An Investigation of the Cross-Age Peer Tutoring Process: Some Implications for Instructional Design and Motivation. *The Elementary School Journal, 82*(5), 451-469.

Gaustad, J. (1993). *Peer and Cross-Age Tutoring*. Oregon: ERIC Clearinghouse on Educational Management Eugene.

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2014). Development of a two-tier test-instrument for geometrical optics. In C. Constantinou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2014 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherent Learning

Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning: A sythesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, New York: Routledge.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Howe, C., Tolmie, A., Greer, K., & Mackenzie, M. (1995). Peer collaboration and conceptual growth in physics: Task influences on children's understanding of heating and cooling. *Cognition and Instruction, 13*(4), 483-503.

Korner, M., Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2013). *Cross-Age Peer Tutoring in Physik – Rolle und Lernerfolg*. Paper presented at the Jahrestagung der GDCP 2012 – Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen.

Robinson, D. R., Schofield, J. W., & Steers-Wentzell, K. L. (2005). Peer and Cross-Age Tutoring in Math: Outcomes and Their Design Implications. *Educational Psychology Review, 17*(4), 327-362.

Rohrbeck, C. A., Ginsburg-Block, M. D., Fantuzzo, J. W., & Miller, T. R. (2003). Peer-Assisted Learning Interventions With Elementary School Students: A Meta-Analytic Review. *Journal of Educational Psychology, 95*(2), 240-257.

Topping, K. J. (1996). The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *Higher Education, 32*(3), 321-345.

Topping, K. J. (2005). Trends in Peer Learning. *Educational Psychology, 25*(6), 631-645.

Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Testinstrument zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg.18*.

Zinn, B. (2009). Ergebnisse einer Pilotuntersuchung zur Unterrichtsmethode "Lernen durch Lehren". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg 15*, 325-329.

Kathrin Steckenmesser-Sander Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter

Einfluss des Interesses auf die Bearbeitung physikbezogener Aufgaben

Die Interessensforschung zeigt, dass das Sachinteresse an Physik bei den Mädchen tendenziell etwas niedriger ausgeprägt ist als das Sachinteresse der Jungen. Für beide Geschlechter sinkt es im Laufe der Sekundarstufe I ab (Hoffmann, Häußler & Lehrke 1998, Hoffmann 2002). Obwohl diese Unterschiede in der Ausprägung des Sachinteresses dokumentiert sind, ist bisher unklar, ob sich Mädchen und Jungen (auch) bei der Bearbeitung von physikbezogenem Lernmaterial unterscheiden und ob bzw. in welcher Weise hoch bzw. niedrig interessierte Schüler/-innen physikbezogenes Lernmaterial unterschiedlich bearbeiten.
Diese offenen Fragen dienen als Ausgangslage für unsere Studie, in der zum einen die Dispositionen der Schüler/-innen mit einem Fragebogen erhoben werden sollen. Des Weiteren sollen Prozesse der Bearbeitung von Lernmaterial mit Hilfe von Video aufgezeichnet und analysiert werden. Dabei wird der Fokus insbesondere auf die Dynamiken von Aktivitäten und Motivation/Emotion gelegt sowie auf geschlechtsspezifische Unterschiede. Außerdem soll untersucht werden, wie diese Dynamiken (Persistenz, Aktivitäten, Verhalten in Gruppen, Konzeptualisierungsniveaus, motivational-emotionalen Erfahrungen) miteinander und mit den Dispositionen der Schüler/-innen verknüpft sind.
Forschungsfragen

1) Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf ihre…
   a) …Dispositionen? b) …Persistenz und ihre sozialen Dynamiken? c) …kognitiven Dynamiken? d) …motivational-emotionalen Erfahrungen?
2) Gibt es eine Verknüpfung zwischen 1b), 1c) und 1d)?
3) Wie sind die Dynamiken und Erfahrungen verknüpft mit den Dispositionen der Schüler/-innen?

Datenauswahl und Design
In der Studie werden Schüler/-innen untersucht, die das Schülerlabor PiA[1] besuchen. Zu Beginn des Besuchs füllen die Schüler/-innen einen Fragebogen aus. Der Fragebogen enthält 38 Items, um das individuelle thematische Sachinteresse an Physik, das individuelle allgemeine physikalische Sachinteresse und die Selbstwirksamkeitserwartung bzw. das Selbstkonzept der Schüler/-innen zu erheben (Items z. T. aus anderen Instrumenten entnommen, z. B. Schiefele, Krapp, Wild & Winteler 1993, Hoffmann et al., 1998). Die Items werden auf einer vierstufigen Likertskala eingeschätzt. Der Fragebogen wurde von insgesamt 704 Schüler/-innen der Klassen 6 und 8 ausgefüllt.
Neben den Daten aus dem Fragebogen wurden auch Schülergruppen beim Bearbeiten von physikalischem Lernmaterial während des Besuchs von PiA auf Video aufgezeichnet. Für die Klassenstufen 6 und 8 wurden jeweils sechs Mädchen- und sechs Jungengruppen, die das Thema Schwimmen und Sinken bearbeiten, über eine Zeit von ca. 70 Minuten videographiert. Insgesamt standen für die Auswertung somit 24 geschlechtshomogene Videogruppen und damit 48 Schüler/-innen zur Verfügung.
Für die Auswertung der Videodaten wurde durch deduktive und induktive Herangehensweise ein Kodiersystem und das dazugehörige Kodiermanual entwickelt (vgl. Jacobs,

[1] **PiA** – Physik in Aktion; Schülerlabor der Physik der JLU Gießen

Kawanaka, & Stigler, 1999; Mayring, 2010). Die Videos wurden mit Hilfe der Software Observer XT 11 eventbasiert ausgewertet.

Erste Ergebnisse der Video- und Fragebogenanalysen

Die Abbildungen 1 bis 3 stellen jeweils für alle 48 Schüler/-innen einen Überblick zu den Variablen „Aktivitäten“, „Erlebensäußerungen“ und „Gruppendynamik“ dar. In Abbildung 1 ist die prozentuale Verteilung aller Werte der Variablen „Aktivitäten“ zu sehen, Abbildung 2 und 3 stellen die Mittelwerte der Gesamtanzahl der einzelnen Werte der Variablen „Erlebensäußerungen“ (Abb. 2) und „Gruppendynamik“ (Abb. 3) pro Schüler/-in und Stunde dar. Der Vergleich von Mädchen und Jungen zeigt, dass sich für einige Werte der Variablen Unterschiede finden lassen. Mädchen weisen im Vergleich zu Jungen im Mittel ein höheres individuelles thematisches Sachinteresse an Physik auf (MW_M=-0.2, SD_M=0.8, MW_J=-0.6, SD_J=1.1; t(644)=-4.71; p=.000; d=0.36), sie hören bzw. schauen im Mittel länger zu (MW_M=23.1, SD_M=6.7, MW_J=18.7, SD_J=4.3; t(39)=-2.708; p=.010; d=-0.782), sie sichern sich im Mittel mehr ab (Mdn_M=12.9, Mdn_J=5.9; U=121.5; z=-3.142; p=.002; r=-0.45) und stimmen mehr zu (Mdn_M=30.9, Mdn_J=16.6; U=179.5; z=-2.237; p=.025; r=-0.32) und sie tätigen im Mittel mehr negative Erlebensäußerungen (Mdn_M=16, Mdn_J=6.5; U=151.5; z=-2.650; p=.008; r=-0.38). Jungen dahingegen weisen im Mittel ein höheres Selbstkonzept bzw. eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung (MW_M=0.4, SD_M=2.1, MW_J=1.3, SD_J=2.4; t(681)=5.4; p=.000; d=0.41) und ein im Mittel höheres individuelles allgemeines Sachinteresse auf (MW_M=-0.9, SD_M=1.5, MW_J=-0.2, SD_J=1.5; t(697)=6.07; p=.000; d=0.46).

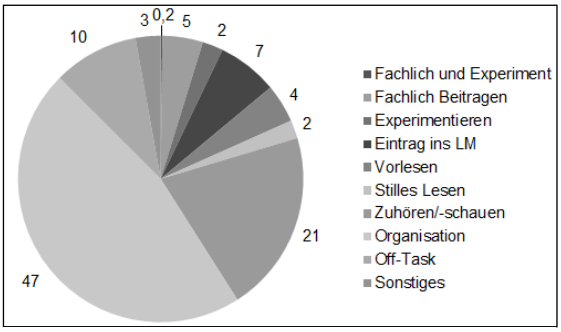


Abb. 1: Prozentuale Verteilung aller Werte der Variablen „Aktivitäten“

Der Vergleich von Schüler/-innen der Klassen 6 und 8 zeigt, dass Schüler/-innen der Klasse 6 im Mittel ein höheres individuelles thematisches Sachinteresse (MW_{K6}=-0.2, SD_M=1.1, MW_{K8}=-0.5, SD_J=0.9; t(702)=3.67; p=.000; d=0.29) und ein im Mittel höheres individuelles allgemeines Sachinteresse aufweisen (MW_{K6}=-0.1, SD_M=0.93, MW_{K8}=-0.8, SD_J=1.8; t(702)=6.26; p=.000; d=0.49); sie sind im Mittel länger off-task (Mdn_{K6}=12.9, Mdn_{K8}=5.8; U=202; z=-2.99; p=.003; r=-0.43), sie beschimpfen/ärgern sich im Mittel häufiger (Mdn_{K6}=8.4, Mdn_{K8}=3.3; U=94; z=-2.698; p=.007; r=-0.38) und schreiben sich häufiger etwas vor (Mdn_{K6}=28.4, Mdn_{K8}=17.6; U=173; z=-2.371; p=.018; r=-0.34). Dahingegen sind die Schüler/-innen der Klasse 8 im Mittel länger mit dem Äußern von fachlichen Beiträgen beschäftigt (MW_{K6}=4.2, SD_{K6}=1.7, MW_{K8}=5.1, SD_{K8}=1.1; t(46)=-2.056; p=.045; d=0.595) und sie lesen im Mittel für längere Zeit still im Lernmaterial (Mdn_{K6}=1, Mdn_{K8}=2.4; U=141; z=-3.031; p=.002; r=-0.44).

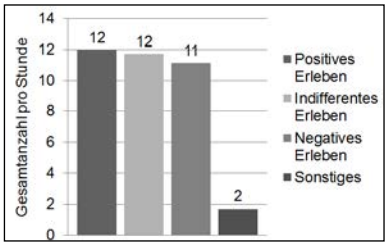


Abb. 2: Mittelwerte der Gesamtanzahl für alle Werte der Variablen „Erlebensäußerungen“ pro Schüler/-in und Stunde

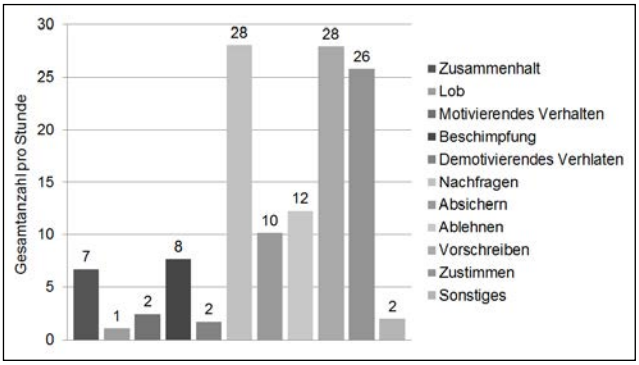


Abb.3: Mittelwerte der Gesamtanzahl für alle Werte der Variablen Gruppendynamik pro Schüler/-in und Stunde

Für die Bearbeitungszeit, die einen Wert der Variablen „Persistenz“ darstellt, zeigt sich, dass Jungen 2 von 13 Lernaufgaben etwas schneller bearbeiten als Mädchen (Aufgabe 3: Mdn_M=102.6, Mdn_J=57.7; U=34; z=-2.194; p=.028; r=-0.45; Aufgabe 4: Mdn_M=290.1, Mdn_J=185.2; U=31; z=-2.367; p=.018; r=-0.48; Aufgabe 5: Mdn_M=382.3, Mdn_J=260.5; U=37; z=-2.021; p=.043; r=-0.41), wobei sich für die Gesamtbearbeitungszeit kein Unterschied zeigt. In den Bearbeitungszeiten unterscheiden sich auch Schüler/-innen der Klassen 6 und 8 nicht voneinander. Ebenfalls kein Unterschied zeigt sich bei der Einforderung von Hilfe durch die Gruppe, entweder von einem/r Betreuer/-in oder von einem/r Mitschüler/-in.

Kritische Anmerkungen und Ausblick

Die prozentuale Verteilung der Variablen „Aktivitäten“ zeigt einen sehr kleinen Anteil für die drei Werte „Fachlich und Experiment“, „Fachlich Beitragen“ und „Experimentieren“. Vermutlich ist dieses Ergebnis der sekundengenauen Kodierung der Aussagen und Tätigkeiten der Schüler/-innen geschuldet (eventbasierte Kodierung). Außerdem sind die Kodiervorschriften im Kodiermanual sehr streng formuliert, sodass zu dem Wert „Fachliche Beitragen“ nur Äußerungen und/oder Diskussionen fachlicher Konzepte, Erkenntnisse, Beispiele oder Theorien und Äußerungen zu und/oder eine Diskussion von fachlichen Themen im Zusammenhang mit dem Lernmaterial zählen. Zu dem Wert „Experimentieren“ gehören nur Tätigkeiten oder Aussagen der Schüler/-innen, die zielgerichtetes und planmäßiges Durchführen eines Experiments beinhalten. Dahingegen ist der Wert „Organisation“ eher umfassend definiert, denn neben der Organisation von Arbeitsprozessen und Tätigkeiten, die der Selbstorganisation der Schüler/-innen dienen, zählen auch organisatorische Tätigkeiten, die sich auf das Experimentiermaterial beziehen (z. B. Holen und Wegbringen von Experimentiermaterial), dazu. Des Weiteren ist anzumerken, dass einige Werte der Variablen „Gruppendynamik“ sehr selten vorkommen und deshalb für die Analysen nicht genutzt werden können.

Die bisherigen Ergebnisse sollen im Weiteren dazu genutzt werden, Analysen dazu anzustellen, ob es Variablen/Werte im Video gibt, die Unterschiede in der Höhe des Interesses oder des Selbstkonzepts begründen können (Forschungsfrage 3) und ob es Variablen/Werte im Video gibt, die sich gegenseitig zu beeinflussen scheinen (Forschungsfrage 2).

Literatur

Jacobs, J. K., Kawanaka, T., & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. International Journal of Educational Research, 31, 717-724.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. Learning and Instruction, 12(4), 447-465.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim [u.a.]: Beltz.

Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). Diagnostica, 39(4), 335-351.

Markus Rehm[1] [1]PH Heidelberg
Dorothee Brovelli[2]
Markus Wilhelm[2] [2]PH Luzern
Christian Vollmer[1]
Benjamin Tempel[1]
Katrin Bölsterli[2]

Lehrkompetenz für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht

Theoretischer Rahmen, Forschungslage und Entwicklung der Fragestellungen

Die Koexistenz eines integrierten Fachunterrichts (Naturwissenschaften) in der Schule und einer disziplinären Lehrerbildung hat oft (teil-)fachfremden Unterricht zur Folge: Die Lehrkraft ist lediglich in einer Naturwissenschaft ausgebildet, im integrierten nw. Unterricht stellen sich dieser Lehrkraft aber fachliche bzw. berufliche Anforderungen aus den drei Naturwissenschaften. Aus diesem Grund wurde die Lehrerbildung an einigen Standorten integriert ausgerichtet. Nun fehlt es aber an Evidenz über die Qualität dieser Ausbildung und man benötigt Testergebnisse zu den fachlichen und fachdidaktischen Fähigkeiten, die sich aus beruflichen Anforderungen an Lehrkräfte für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben. Dazu wurde eine Studie mit vignettengestütztem Testformat durchgeführt (Brovelli et al., 2013). Für diese Vignettenstudie wurde ein Kompetenzmodell (vgl. Abb. 1) erarbeitet, das die beruflichen Anforderungen einer Lehrkraft für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht enthält.
Ein Ziel der hier vorliegenden Studie ist es, das in Abb. 1 theoretisch angenommene Modell empirisch zu stützen. Es interessierte die Nähe der sieben Anforderungsbereiche zueinander, um hierdurch Hinweise für eine mögliche Ausbildungsstruktur für das Fach „Naturwissenschaften“ in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung zu erhalten.

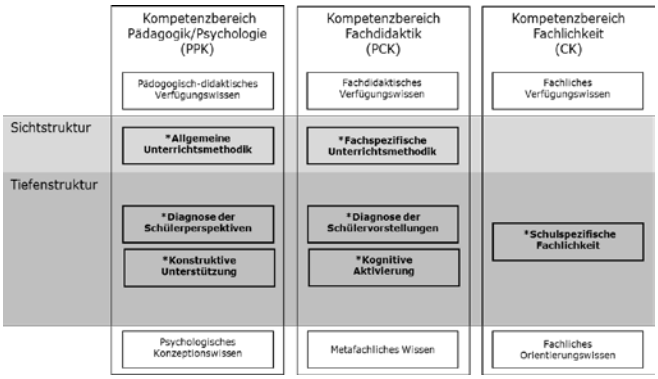


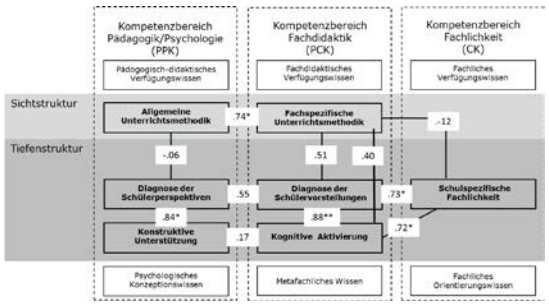
*Abb. 1: Kompetenzmodell der professionellen Fähigkeiten und Fertigkeiten für Lehrpersonen des nw. Unterrichts, * Fähigkeiten die als berufliche Anforderungsbereiche untersucht wurden.*

Das in Abb. 1 dargestellte Modell dient dazu die Zusammenhänge zwischen den sieben beruflichen Anforderungsbereichen (fachspezifische Unterrichtsmethodik, Diagnose der Schülervorstellungen, kognitive Aktivierung, schulspezifische Fachlichkeit, allgemeine Unterrichtsmethodik, Diagnose der Schülerperspektiven, konstruktive Unterstützung) theoriegeleitet darzustellen. Durch die Analyse der Daten aus einer Vignettenstudie sollen nun empirische Hinweise für die Struktur des Modells in Abbildung 1 (Zusammenhänge der Anforderungsbereiche und ihre Zuordnung zu den Kompetenzbereichen) gewonnen werden. Unsere Fragestellungen lauteten:

Frage 1: Kann die Zuordnung der sieben Anforderungsbereiche zu den Kompetenzbereichen CK, PCK, PPK im theoretisch ausgearbeiteten Modell in Abbildung 1 mittels Ähnlichkeitsstrukturanalyse bestätigt werden?
Wir erwarten die Bestätigung der in Abb. 1 vorgenommenen Zuordnung der sieben Anforderungsbereiche zur Shulmanschen Einteilung (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Durch die Zuordnung kann aufgezeigt werden, in welche Domänen der Lehrerbildung (Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften) die jeweiligen beruflichen Anforderungsbereiche fallen. In einem weiteren Schritt werden die Zusammenhänge der Anforderungsbereiche untereinander geprüft, um die Notwendigkeit des Zusammenwirkens der Domänen der Lehrerbildung abschätzen zu können:
Frage 2: Welche Zusammenhänge weisen die sieben Anforderungsbereiche auf? Kann die Struktur des Modells (Abb. 1) mithilfe latenter Korrelationen zwischen den sieben Anforderungsbereichen konkretisiert werden?
Wir erwarten hohe latente Korrelationen zwischen den Anforderungsbereichen, da wir mit Shulman gesprochen von einem „special amalgam“, also von einer einheitlich ausgeprägten Fähigkeit Naturwissenschaften integriert unterrichten zu können, ausgehen. Die Zusammenhänge sollen Hinweise liefern, welche Domänen der Lehrerbildung (Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Bildungswissenschaften) begründet zusammenwirken können, um zukünftige Lehrkräfte für den integrierten nw. Unterricht in den durch die Anforderungsbereiche gekennzeichneten professionellen Fähigkeiten zu qualifizieren.

Methoden
An der Vignettenstudie nahmen 344 Studierende der Naturwissenschaften an Pädagogischen Hochschulen in der Schweiz und in Deutschland teil. Die Studierenden wurden zufällig der Stichprobe zugewiesen und absolvierten den Test an den Computerpools der Hochschulen bzw. mittels eigenen Notebooks. Der Test wurde in der Regel während der Präsenzzeit eines Studienseminars durchgeführt und von einer Testleitung begleitet, die ein konstantes Zeitmanagement gewährleistete.
Die Daten des Ratings aus der Luzerner Vignettenstudie wurden für die hier beschriebene Studie z-transformiert, um sie für die weiteren Analysen aufzubereiten. In einer ersten Faktorenanalyse wurde die Zuordnung der sieben Anforderungsbereiche zur Shulmanschen Einteilung geprüft. Nach entsprechender Itemselektion (von 42 auf 23 Items) und nochmaliger faktorenanalytischer Prüfung ergab sich die theoretisch wie empirisch haltbare Zuordnung der Items zu den sieben Anforderungsbereichen, die dann einer Exploration durch Ähnlichkeitsanalyse (multidimensionale Skalierung MDS, Prozedur PROXSCAL in SPSS 21) zugeführt wurde.

Ergebnisse
In der hier vorgestellten Studie wurden die sieben beruflichen Anforderungsbereiche für den naturwissenschaftlichen Unterricht modelliert (Abb. 1) und den Modellkomponenten CK, PCK, PPK theoriebasiert zugewiesen. Die in Abb. 2 dargestellte MDS-Struktur schätzt ein Modell mit den sieben untersuchten beruflichen Anforderungsbereichen über das Kriterium der wahrgenommenen Ähnlichkeit der in den Vignetten hinterlegten Items.
Abb. 2 zeigt die Schätzung der Ähnlichkeit der Itemwahrnehmung durch die Probandinnen und Probanden. Man erkennt, dass sich Items aus dem Bereich CK eng aneinander in der Mitte gruppieren (dunkelgrau unterlegt). Um diesen Bereich herum gruppieren sich die Items aus dem Bereich PCK (mittelgrau unterlegt) und in einem äußeren Gürtel ordnen sich die Items aus dem Bereich PPK an (hellgrau unterlegt). Die Abkürzungen in der folgenden Abb. 2 sind zu lesen als: SF = schulspez. Fachlichkeit, KA = kog. Aktivierung, FU = fachspez. Unterrichtsmethodik, SV = Diagnose der Schülervorstellungen, SP = Diagnose der Schülerperspektiven, AU = allge. Unterrichtsmethodik.



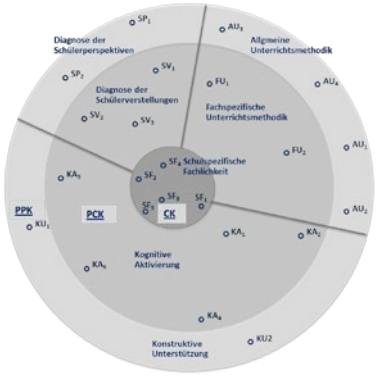


Abb. 2:7 -faktorielles Modell mit Korrelationen *Abb. 3: MDS-Struktur, Roh-Stress = 0,119.*

Eine konfirmatorische Faktorenanalyse auf der Grundlage des in Abb. 1 dargestellten Modells ergab hohe Korrelationen zwischen den Konstrukten des Modells (Abb. 2).

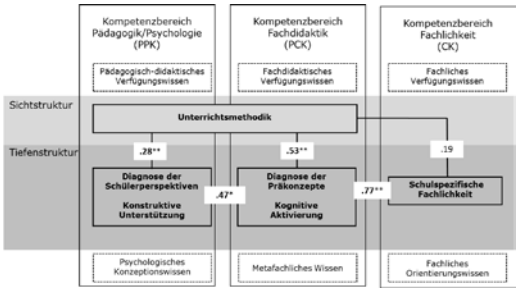


Abb. 4: 4-faktorielles Modell mit latenten Korrelationen zwischen den neu geordneten Anforderungsbereichen; CMIN/DF = 1,513, RMSEA = .039, RMSEA 95% CI [.030, .047], Modellvergleich 4-faktoriell – 7-faktoriell ($\Delta\chi^2$ = 77,082, df = 36, p = .000)

Diskussion

Aus Merkmalen effizienten Unterrichts wurden zunächst sieben Anforderungsbereiche gewonnen. Diese wurden in einem theoretischen Modell (vgl. Abb. 1) den Bereichen PPK, PCK, CK zugeordnet. Die empirischen Analysen ermöglichten es, Zusammenhänge zwischen den Anforderungsbereichen mittels latenten Korrelationen aufzuzeigen. Hieraus entstand das in Abb. 3 aufgezeigte Modell 1. Das Modell 1 konkretisiert eine multidimensionale Skalierung (Abb. 2), indem die Zusammenhänge zwischen den Anforderungsbereichen mittels Korrelationen quantifiziert wurden. Diese Konkretisierung des Modells kann aber lediglich Hinweise für eine Modellstruktur liefern, letztlich bleibt die Struktur durch den konfirmatorischen Schritt zur Gewinnung der MDS-Struktur theoretischer Natur. Es können keine gerichteten, finalen oder kausalen Aussagen getroffen werden. Durch den Einbezug der latenten Korrelationen in die MDS-Struktur konnten die konfirmatorisch gezogenen Grenzen zwischen den Anforderungsbereichen neu beurteilt und das Modell 1 vereinfacht werden. Dies führte zum Modell 2 aus Abb. 4 (mit vier Faktoren).

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520. doi:10.1007/s11618-006-0165-2

Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht. Unterrichtswissenschaft, 4(41), 306–329.

Lars Oettinghaus Goethe-Universität Frankfurt
Friederike Korneck
Justus Zokaie
Jan Lamprecht

Physikbezogene Kompetenzmerkmale nach dem Lehramts- oder Fachstudium

Angehenden Lehrkräften ein angemessenes physikalisches und physikdidaktisches Wissen sowie adäquate Überzeugungen mit auf den Weg zu geben, ist ein primäres Ziel der Physiklehrerausbildung. Der Vergleich von Absolventen verschiedener Studiengänge ist ein Weg, um Hinweise für die Wirkzusammenhänge von Studium und fachbezogenen Kompetenzbereichen zu erhalten. Da in den letzten fünf Jahren einige physikdidaktische Arbeiten zur fachbezogenen Expertise von Lehrkräften veröffentlicht wurden (Oettinghaus, in Arbeit; Zokaie et al., im Druck; Kirschner, 2013; Riese, 2009), hat der vorliegende Beitrag das Ziel, ein studienübergreifendes und quasi-längsschnittliches Bild der Kompetenzunterschiede verschiedener Absolventengruppen zu diskutieren und so einen empirischen Überblick über diesen Forschungsbereich zu geben.

Theoretische Ausgangslage
Ausgangspunkt der Diskussion ist die *professionelle Kompetenz* von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2011), die bei einer Beschränkung auf die fachbezogenen Aspekte wie folgt zusammengefasst werden kann (Oettinghaus, in Arbeit):
- *Überzeugungen zum selbstständigen Lernen*
- *Überzeugungen zur Vermeidung von Transmission*
- *Physikalisches Wissen*
- *Physikdidaktisches Wissen*

Für den Physiklehrerberuf müssen neben den schulformspezifischen universitären Ausbildungswegen auch die Quereinstiege nach einem physikalischen oder physiknahen Studium in den Blick genommen werden (Lamprecht, 2011; Oettinghaus, in Arbeit).

Fragestellung
Wie unterscheiden sich Haupt- und Realschullehrkräfte sowie Physiker von gymnasialen Lehrkräften hinsichtlich der *Überzeugungen zum selbstständigen Lernen*, der *Überzeugungen zur Vermeidung von Transmission*, dem *physikalischen Wissen* und dem *physikdidaktischen Wissen* zu verschiedenen Zeitpunkten der Ausbildung?

Methode
Die empirische Basis des Vergleichs sind Ergebnisse verschiedener Studien, die fachbezogenen Kompetenzen von Physiklehrkräften und –studierenden untersuchen: Neben den eigenen Arbeiten, den Studien proΦ[1] (Lamprecht, 2011; Oettinghaus, in Arbeit) und Φactio (Zokaie, et al., im Druck) werden die Ergebnisse der Studie von Riese (2009) und des ProwiN-Projektes (Kirschner, 2013) für die Diskussion verwendet. Um eine Vergleichbarkeit der Studien zu ermöglichen, werden die an der Standardabweichung der Studien normierten Gruppenunterschiede berechnet. Dieses Vorgehen kann somit als ein Vergleich von Effektstärken verstanden werden.

[1] Alle Angaben zu Physikreferendaren basieren auf einer modifizierten Auswertung mit dem proΦ Datensatz (Oettinghaus, in Arbeit).

Ergebnisse
Im den folgenden Tabellen werden die sich aus den Gruppenunterschieden ergebenden Effektklassen (klein, mittel und groß) vergleichend dargestellt.

Tabelle 1: Effekte zur Überzeugung zum selbstständigen Lernen

	Grundstudium	Hauptstudium	Referendariat	Schuldienst
HR, Gym.	+	-	0	k. A.
Phy., Gym.	-	k. A.	0	k. A.

Quellen: (Oettinghaus, in Arbeit; Zokaie, et al., im Druck; Riese, 2009); HR = Haupt- und Realschullehrkräfte; Gym. = Gymnasiale Lehrkräfte; Phy. = Physiker ; + = kleiner positiver Effekt; - = kleiner negativer Effekt; 0 = keine substanzieller Effekt, k. A. = keine Angabe.

Tabelle 1 zeigt die Unterschiede der Probandengruppen für die *Überzeugung zum selbstständigen Lernen* mit vorwiegend kleinen Effekten. Die Haupt- und Realschulstudierende haben im Grundstudium noch höhere Ausprägungen dieser Überzeugung (Zokaie et al., im Druck). Dieser Unterschied liegt nach Riese (2009) im Hauptstudium jedoch in umgekehrter Orientierung vor und ist im Referendariat nicht mehr festzustellen (Oettinghaus, in Arbeit).
Der Vergleich von Physikstudierenden und gymnasialen Lehramtsstudierenden zeigt, dass im Grundstudium hinsichtlich dieser Überzeugung noch ein Unterschied zu verzeichnen ist (Zokaie et al., im Druck), der aber im Referendariat nicht mehr vorliegt (Oettinghaus, in Arbeit).

Tabelle 2:Effekte zur Überzeugung zur Vermeidung von Transmission

	Grundstudium	Hauptstudium	Referendariat	Schuldienst
HR, Gym.	0	-	-	k. A.
Phy., Gym.	-	k. A.	-	k. A.

Quellen: (Oettinghaus, in Arbeit; Zokaie, et al., im Druck; Riese, 2009); HR = Haupt- und Realschullehrkräfte; Gym. = Gymnasiale Lehrkräfte; Phy. = Physiker; + = kleiner positiver Effekt; - = kleiner negativer Effekt; 0 = keine substanzieller Effekt, k. A. = keine Angabe.

Tabelle 2 zeigt die Unterschiede der Probandengruppen bezüglich der *Überzeugung zur Vermeidung von Transmission*. Angehende Lehrkräften im Haupt- und Realschulbereich haben hier im Hauptstudium sowie im Referendariat eine geringere Ausprägung (Oettinghaus, in Arbeit; Riese, 2009).
Physikstudierende im Grundstudium haben ebenfalls geringere Ausprägungen dieser Überzeugung als gymnasiale Lehramtsstudierende (Zokaie et al., im Druck). Im Referendariat ist dieser Quereinsteigereffekt ebenfalls messbar (Oettinghaus, in Arbeit).

Tabelle 3: Effekte zum physikalischen Wissen

	Grundstudium	Hauptstudium	Referendariat	Schuldienst
HR, Gym.	---	---	---	---
Phy., Gym.	+	k. A.	0	-

Quellen: (Oettinghaus, in Arbeit; Zokaie, et al., im Druck; Kirschner, 2013; Riese, 2009); HR = Haupt- und Realschullehrkräfte; Gym. = Gymnasiale Lehrkräfte; Phy. = Physiker;+ = kleiner positiver Effekt; - = kleiner negativer Effekt; --- = großer negativer Effekt; 0 = keine substanzieller Effekt k. A. = keine Angabe.

In Tabelle 3 wird deutlich, dass gymnasiale Lehramtsstudierende im Grundstudium einen deutlich höheren physikalischen Wissenstand haben als die Studierenden des Haupt- und Realschullehramts (Riese, 2009). Der Unterschied bleibt im Hauptstudium in ähnlicher Höhe nachweisbar (ebd.). Im Referendariat und im Schuldienst hingegen werden große Unterschiede gemessen (Kirschner, 2013; Oettinghaus, in Arbeit)
Der Vergleich von gymnasialen Lehramtsabsolventen und Quereinsteigern zeigt hier nur kleine Effekte: Im Grundstudium haben Physiker das höhere Fachwissen (Zokaie et al., im

Druck), im Referendariat ist es vergleichbar (Oettinghaus, in Arbeit) und im Schuldienst haben die gymnasialen Lehramtsabsolventen das höhere Fachwissen (Kirschner, 2013).

Tabelle 4: Effekte zum fachdidaktischen Wissen

	Grundstudium	Hauptstudium	Referendariat	Schuldienst
HR, Gym.	--	-	-	---
Phy., Gym.	0	k. A.	0	-

Quellen: (Oettinghaus, in Arbeit; Zokaie, et al., im Druck; Kirschner, 2013; Riese, 2009); HR = Haupt- und Realschullehrkräfte, Gym. = Gymnasiale Lehrkräfte, Phy. = Physiker; 0 = keine substanzieller Effekt, - = kleiner negativer Effekt, -- = mittlerer negativer Effekt, --- = großer negativer Effekt, k. A. = keine Angabe.

Im *physikdidaktischen Wissen* (Tabelle 4) haben Haupt- und Realschullehramtsstudierende im Grundstudium deutlich geringere Ausprägungen als die Studierenden des gymnasialen Lehramts (Riese, 2009). Im Hauptstudium und im Referendariat ist dieser Unterschied in beiden Fächern jedoch nur noch gering (Riese, 2009; Oettinghaus, in Arbeit). Physiklehrkräfte des Haupt- und Realschulbereiches unterscheiden sich aber stark von ihren Kollegen aus dem gymnasialen Bereich (Kirschner, 2013).
Bei Physikern und Quereinsteigern zeigt sich erst im Schuldienst ein kleiner Effekt (Zokaie et al., im Druck; Oettinghaus, in Arbeit; Kirschner, 2013).

Diskussion

Die Befunde zur *Überzeugung zum selbstständigen Lernen* machen es schwer, eine Aussage über mögliche universitäre Lerngelegenheiten für dieses Merkmal zu treffen. Im Gegensatz dazu lässt sich für die *Überzeugung zur Vermeidung von Transmission* vermuten, dass die miteinander vergleichbaren und fachlich orientierten Studiengänge der Physik und des gymnasialen Lehramts dem Haupt- und Realschullehramtsstudiengang als Lerngelegenheit geringfügig überlegen sind. Beim *physikalischen Wissen* zeigt sich, dass Haupt- und Realschullehramtsstudierende zwar mit einem geringeren Fachwissen in das Studium einsteigen als gymnasiale Lehramtsabsolventen, dieser Unterschied aber im Vergleich im Studienverlauf nicht größer wird. Erst mit dem Beginn der unterrichtspraktischen Tätigkeiten an Gymnasien oder an Haupt- und Realschulen baut sich der Wissensunterschied weiter aus. Beim *physikdidaktischen Wissen* zeigt sich ein ähnliches Muster: Haupt- und Realschullehrkräfte haben scheinbar eine deutlich schlechtere Ausgangssituation, die jedoch im Laufe des Studiums etwas kompensiert werden kann. Das Unterrichten an Gymnasien scheint allerdings die bessere Lerngelegenheit darzustellen als das Unterrrichten an Haupt- und Realschulen, da sich hier ein großer Unterschied zwischen den Lehrkräften dieser beiden Schulformen zeigen lässt.

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: Waxman Verlag GmbH.

Kirschner, S. B. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Duisburg-Essen: Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Oettinghaus, L. (in Arbeit). Professionelle Überzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Unterschiede zwischen den Absolventen verschiedener Studiengänge.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Zokaie, J. S., Oettinghaus, L., Korneck, F., & Liebers, N. (im Druck). Vergleich standortspezifischer Kompetenzunterschiede von Lehramtsstudierenden. Didaktik der Physik. Frühjahrstagung – Frankfurt 2014, S. 1-7.

Jochen Kröger IPN Kiel
Knut Neumann
Stefan Petersen

Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte

Hintergrund

Der professionellen Kompetenz von Lehrkräften wird eine zentrale Bedeutung für die Gestaltung guten Unterrichts zugeschrieben (Bromme, 1997; Magnusson et al., 1999; Abell 2007). Das Professionswissen stellt dabei einen wichtigen Teil der professionellen Kompetenz dar (Baumert & Kunter, 2006). National und international hat sich in Anlehnung an Shulman (1986, 1987) eine Einteilung des Professionswissens in die Dimensionen Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) etabliert (vgl. Abell, 2007; Borowski et al., 2010). Diese Einteilung konnte im Rahmen der COACTIV-Studie für das Fach Mathematik empirisch bestätigt werden (Baumert & Kunter, 2006). Zudem konnte ein Einfluss des Professionswissens auf die Unterrichtsqualität nachgewiesen werden (Brunner et al., 2006). Ein entsprechendes Modell für die naturwissenschaftlichen Fächer wurde im Projekt ProwiN untersucht (Borowski et al., 2010). Dabei konnte die Trennbarkeit von CK, PCK und PK für Physiklehrkräfte bestätigt werden (Kirschner, 2013). Da ein Großteil des Professionswissens mutmaßlich im Studium erworben wird, kann jedoch nicht ohne Weiteres angenommen werden, dass sich Befunde über das Professionswissen von Lehrern auf Studierende übertragen lassen. Bezüglich des Professionswissens Lehramtsstudierender liegen anderseits im Bereich der Naturwissenschaften nur wenige Befunde vor. Für Physik wären hier die Ergebnisse von Riese (2009) zu nennen, die darauf hindeuten, dass sowohl Fachwissen als auch pädagogisches Wissen notwendige Voraussetzung für die Herausbildung hohen fachdidaktischen Wissen darstellen (vgl. auch Riese & Reinhold, 2010; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2010). Die entsprechenden Ergebnisse beruhen jedoch auf einer Fokussierung auf einzelne Inhalte wie die Mechanik. Hier setzt das Projekt „Messung professioneller **K**ompetenzen **i**n mathematischen und naturwissenschaftlichen **L**ehramtsstudiengängen“ (KiL) an, in dem die Entwicklung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden in seiner inhaltlichen Breite erfasst werden soll.

Ziele

Das Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, inwieweit sich Befunde über die Struktur des Professionswissens von Lehrkräften auf angehende Lehrkräfte übertragen lassen und wie sich das Professionswissen im Laufe der universitären Ausbildung entwickelt.

Methode und Design

Um die inhaltliche Breite bei der Erfassung des Konstrukts zu gewährleisten, wurde eigens für das Projekt ein neues Testinstrument entwickelt. Das Fachwissen wird dabei in sämtlichen schulrelevanten Inhaltsbereichen erfasst (Grehn & Krause, 2007; Dorn & Bader, 2008). Beim fachdidaktischen Wissen, wurden in Anlehnung an Shavelson (2005) die Bereiche Schülerkognition, Instruktionsstrategien, Curriculum und Assessment berücksichtigt. Dazu wurde zunächst die fachdidaktische Literatur auf veröffentlichte Aufgaben im Bereich der universitären Ausbildung geprüft. Diese Aufgaben wurden auf Basis des verwendeten Modells des Professionswissen (für das Modell siehe Kröger, 2012) kategorisiert und, wo notwendig, angepasst. Lücken in der Abdeckung des Modells wurden durch gezielte Aufgabenkonstruktion geschlossen. In einem zweiten Schritt wurden die Aufgaben im Rahmen einer bundesweiten Studie pilotiert, um Erkenntnisse zur Reliabilität sowie zur strukturellen und

externen Validität (Messick, 1995) zu generieren. In einem dritten Schritt wurden die Aufgaben im Rahmen eines Expertenmeetings intensiv diskutiert. Aufgaben, die als nicht inhaltsvalide angesehen wurden, wurden entweder gestrichen oder, falls möglich, verbessert. In einem vierten Schritt wurden Studierenden gezielt kritische Aufgaben vorgelegt, um für die Optimierung der Aufgaben Erkenntnisse zur kognitiven Validität zu gewinnen. Nach der folgenden Überarbeitungsphase wurde der reduzierte und erneuerte Aufgabenpool zu einem neuen Testheft zusammengestellt, mit dem im Rahmen der Hauptuntersuchung bundesweit Daten erhoben wurden. Die Stichprobengröße betrug N = 201 Lehramtsstudierende. Im Mittel lag das Alter der Probanden bei 25,5 Jahren (SD = 3,3) und die Semesterzahl bei 5,6 (SD = 2,7). 72 % der Stichprobe streben eine Lehrtätigkeit am Gymnasium an.

Ergebnisse

Als Maß für die Reliabilität der einzelnen Skalen wurde Cronbachs Alpha berechnet. Die Auswertung ergab α_{CK} = .84 für die Fachwissensskala und α_{PCK} = .72 für die Skala zum fachdidaktischen Wissen. Die durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgaben betrug 48 %. Zur Untersuchung der externen und strukturellen Validität des Tests wurden Zusammenhänge mit der Abiturnote und der Semesterzahl der Probanden betrachtet. Die Korrelationen der Testscores mit den Begleitvariablen sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Korrelationen zwischen Testscores und Begleitvariablen

	CK	PCK	PK
Abiturnote	-.46**	-.35**	-.30**
Physiknote im Abitur	-.26**	-.15*	-.18*
Semesterzahl	.40**	.27**	.20*
Lehramtszugang (gym. vs. nichtgym.)	.39**	.18*	.12**

Die manifesten Korrelationen zwischen den Skalen für CK, PCK und PK sind in Abb. 1 dargestellt.

Abb. 1: Zusammenhang zwischen den Dimensionen des Professionswissens

Die Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen und dem Fachwissen bzw. dem pädagogischen Wissen sind damit deutlich stärker als der Zusammenhang zwischen Fachwissen und pädagogischem Wissen. Dies deckt sich mit der Befundlage sowohl für die ProwiN-Studie (Kirschner, 2013) als auch mit der Untersuchung von Riese (2009). Die Entwicklung des Professionswissens für die Bereiche CK und PCK sind in Abb. 2 dargestellt.

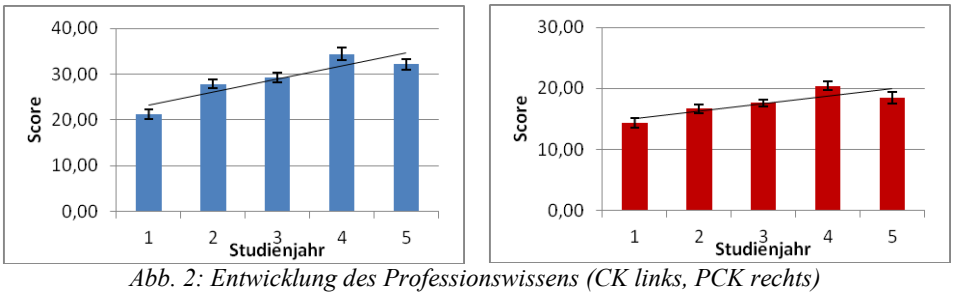


Abb. 2: Entwicklung des Professionswissens (CK links, PCK rechts)

Diskussion

Die Befunde aus KiL deuten auf eine Übertragbarkeit von Erkenntnissen zur Struktur des Professionswissens von Lehrkräften auf angehende Lehrkräfte hin. Die Entwicklungsverläufe beim Fachwissen und fachdidaktischen Wissen zeigen, dass zu Beginn des Studiums ein starker Anstieg des Fachwissens messbar ist. Das fachdidaktische Wissen der untersuchten Stichprobe steigt insgesamt weniger stark und im Studienverlauf später, was sich mit der Anordnung der Lehrinhalte im Studium und der Anzahl der Lerngelebenheiten erklären lässt. Zum Ende des Studiums hin fällt sowohl das Wissen beim CK wie auch beim PCK leicht ab, was zum einen durch einen Auswahleffekt der Stichprobe, zum anderen durch Effekte wie träges Wissen bzw. Vergessenseffekte erklärbar ist.

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass sich mit dem entwickelten Messinstrument das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte über verschiedene Inhaltsbereiche zur Fachphysik und verschiedene Aspekte fachdidaktischen Wissens hinweg reliabel und valide erfassen lässt. Das Instrument wird daher im Nachfolgeprojekt „Kompetenzentwicklung im Lehramtsstudium“ (KeiLa) in einer bundesweiten längsschnittlichen Untersuchung an einer größeren Stichprobe eingesetzt werden.

Literatur

Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K.Abell (Ed.), Handbook of research on science teacher education, 1105 – 1149.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520.

Borowski et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie, Serie I, Bd. 3, 177-212.

Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrrand, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K. & Tsai, Y.-M. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht – Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzen & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule, 54-82.

Dorn, F. & Bader, F. (2000). Physik Gymnasium Gesamtband SekII. Schroedel GmbH.

Grehn, J. & Krause J. (2007). Metzler Physik Schülerband SII. Schroedel GmbH.

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Lehrkräften. Logos.

Kröger, J., Neumann, K., Petersen, S. (2012). Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Hannover 2012, 533-535.

Magnusson, S., Krajcik J. & Borko H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Hrsg.), Examining pedagogical content knowledge, 95-132.

Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment – Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. In: American Psychologist, Vol. 50, 741-749.

Riese, J (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 97.

Riese, J, Reinhold, P (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 16.

Shavelson R. J., Ruiz-Primo, M. A. & Wiley E. W. (2005). Windows in the mind. In: Higher Education (2005), 49, 413-430.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1-22.

Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 17.

David Woitkowski
Josef Riese
Peter Reinhold

Universität Paderborn

Physikalisches Fachwissen in verschiedenen Studiengängen und Wissensstufen

Ausgangslage – Fachphysiker in Studien zur Lehrerbildung

Immer häufiger werden in den Studien zur Physik-Lehrerbildung (z. B. Kirschner, 2013; Walzer, Borowski & Fischer, 2014; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2014) neben Lehrkräften und Lehramts-Studierenden auch Fachphysiker in erheblichem Umfang in die Stichprobe aufgenommen. Sie dienen dabei häufig der Kriteriums-Validierung oder der Abgrenzung von Fachwissen gegenüber fachdidaktischem Wissen. Eine theoretische Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Kompetenzprofilen von Physikern und Physiklehrkräften oder eine differenzierte empirische Unterschiedsanalyse steht bisher jedoch noch aus. Während also bei Lehrkräften auf umfassende Kompetenzmodellierung (z. B. Baumert & Kunter, 2006; Riese, 2009; Tepner et al., 2012) und auf die etablierten Wissenstufen (im Folgenden *Fach-Stufen* genannnt) *Schul-, vertieftes* und *universitäres Wissen* (z. B. Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011) zurückgegriffen werden kann, fehlt diese Basis für Physiker weitgehend.

Modellierung der Kompetenz von Physikern

Um einen ersten heuristischen Ansatz zur Analyse der berufs- und ausbildungsbezogenen Kompetenz von Physikern zu erhalten wurden einerseits die Beispielcurricula der KFP (2010) und andererseits die DPG-Studie zu Physikerinnen und Physikern im Beruf (Koppel, 2010) herangezogen. Im Rückgriff auf das allgemein für Lehrkräfte formulierte Kompetenzstrukturmodell von Baumert und Kunter (2006) und den Begriff des Professionswissens von Bromme (1992) wurde das in Abbildung 1 dargestellte Strukturmodell entwickelt. Dabei wurde in Ermangelung umfangreicher Forschung im deutschsprachigen Bereich zur inhaltlichen Ausgestaltung auch auf Ergebnisse aus dem amerikanischen *Physics Education Research* (z. B. Henderson & Harper, 2009, 2011) zurückgegriffen.

In der Analyse (vgl. Woitkowski, in Vorbereitung) zeigt sich, die große Bedeutung des wissenschaftlichen Problemlösens (Nersessian, 1995; Chi, Feltovich & Glaser, 1981) als Hilfsmittel für die (Re-)Spezialisierung auf verschiedenste Gebiete innerhalb und außerhalb der Physik. Das physikalische Basiswissen spielt – sofern es nicht in der jeweiligen Tätigkeit direkt eingesetzt wird – vor allem eine Rolle beim Erwerb dieser Denk- und Arbeitsweisen (vgl. Pawl, Barrantes, Pritchard & Mitchell, 2012). Aufgrund der großen Variabilität in der Ausbildung und auf dem Arbeitsmarkt kann bei Fachphysikern – anders als bei Lehrkräften – kein „Professionswissen“ im Sinne Brommes (1992) identifiziert werden.

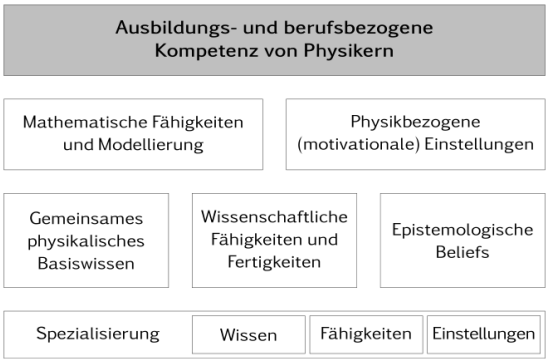


Abbildung1: Rahmenmodell der ausbildungs- und berufsbezogenen Kompetenz von Physikern (Woitkowski, in Vorbereitung).

Modell, Testinstrument und Stichprobe der vorliegenden Studie
Das eingesetzte Testinstrument sowie das Kompetenzstrukturmodell, auf dem es basiert wurden in Woitkowski et al. (2011, 2014) ausführlich dargestellt. Es umfasst neben dem hier diskutierten fachlichen Wissen auch Items zur Erkenntnisgewinnung, Natur der Naturwissenschaften, Beliefs und motivationale Orientierungen und ist insgesamt auf eine Nutzbarkeit bei Lehramts- und Fach-Studierenden ausgerichtet.
Die aktuelle Stichprobe der Haupterhebung umfasst N = 537 Studierende (41% Fach-, 32% Lehramts- und 17% andere Studiengänge) von 16 deutschen Hochschulen. Zur Analyse der Studiengangsunterschiede werden diejenigen N = 414 Studierende herangezogen, die eindeutig einem Fach-, Gymnasial- oder Haupt-/Realschul-Lehramtsstudiengang zugeordnet werden können.

Trennbarkeit Fach-Stufen
Im Modell des vorliegenden Projektes können die *Fach-Stufen* genutzt werden, um verschiedene Facetten des fachlichen Wissens zu identifizieren, wobei das *universitäre Wissen* hypothetisch für die Physiker eine größere Rolle spielt und das *vertiefte Wissen* für die Lehrkräfte.
Für die Gesamtstichprobe passt ein dreidimensionales Rasch-Modell, welches die drei Fach-Stufen trennt, im χ^2-Test hochsignifikant besser auf die Daten als ein eindimensionales ($\chi^2 = 33$; $df = 5$; $p < 0{,}001$). AIC und BIC zeigen nur einen knappen Vorteil. Die latente Korrelation zwischen den Fach-Stufen ist moderat bis hoch (0,853 bis 0,939).
Ein nach Fähigkeit gedrittelter Datensatz zeigt, dass diese Trennung besonders bei schwachen Studierenden relevant ist ($\chi^2 = 11$; $df = 5$; $p = 0{,}037$), bei starken Studierenden aber verschwindet ($\chi^2 = 2$; $df = 5$; $p = 0{,}81$).

Prädiktoren des Kompetenzerwerbs
Analysiert man mit Hilfe einer linearen Regressionsanalyse die drei Fach-Stufen getrennt, ergibt sich für das *Schulwissen* ein wesentlicher Einfluss der schulischen Vorbildung in Mathematik und Physik sowie ein Einfluss des Experimentier-Enthusiasmus. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass ein Großteil des schulischen Physikunterrichts mit Experimenten bestritten wird.
Beim *vertieften Wissen* ist neben der schulischen Physik der Score der Skala *Ontologie / Natur des Wissens* relevant. Eine Vernetzung und Reflexion des fachlichen Wissens geht wohl auch mit einer Reflexion über die Naturwissenschaften an sich einher.
Für das *universitäre Wissen* sind vor allem Einflüsse der schulischen Mathematik-Ausbildung sowie ein starker Interaktionseffekt mit den Studiengängen zu sehen – pro Semesterwochenstunde steigt der Score bei Fach-Studierenden am schnellsten und bei Haupt-/Realschul-Lehrämtern am langsamsten. Hier zeigt sich am deutlichsten das unterschiedliche berufliche Profil der Studierenden.

Differentielle Itemfunktion (Item-DIF) zwischen den Studiengängen
Mit den Item-DIFs kann der Interaktionseffekt zwischen Studiengang und Itemschwierigkeit untersucht werden. Während sich hier für die Gymnasial-Lehrämter keine Unterschiede zwischen den Fach-Stufen zeigen, ergibt sich für die Haupt-/Realschul-Lehrämter ein signifikanter Unterschied zwischen dem (relativ) leichteren *Schulwissen* über das *vertiefte* hin zum (relativ) schwierigsten *universitären Wissen*.
Umgekehrt sind bei Fach-Studierenden die Items zum *universitären Wissen* (relativ) hochsignifikant schwieriger als die Items der anderen beiden Stufen.

Zusammenfassung

Insgesamt können die drei *Fach-Stufen* wie folgt charakterisiert werden:

- Das *Schulwissen* steht vor allem im Haupt-/Realschul-Lehramt im Fokus der Studierenden. Als Prädiktoren für den Erwerb zeigen sich der schulische Unterricht sowie der Experimentierenthusiasmus.
- Beim *universitären Wissen* zeigt sich eine hohe Relevanz der Mathematik. Außerdem ist dies die einzige *Fach-Stufe* mit einem deutlichen Interaktionseffekt zwischen den Studiengängen, was für Unterschiede in der beruflichen Perspektive der Studierenden spricht..
- Das *vertiefte Wissen* zeigt die geringsten Einflüsse der schulischen Vorbildung, dafür spielen hier aber *epistemologische Beliefs* eine nennenswerte Rolle.

Vor dem Hintergrund des vorgeschlagenen, heuristischen Modells der berufs- und ausbildungsbezogenen Kompetenz von Physikern zeigen sich hier theoretisch erwartete Unterschiede in der Bedeutung der einzelnen *Fach-Stufen* für die verschiedenen Studiengänge.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft,* 9(4), 469-520.

Bromme, R. (1992). Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens. Göttingen: Hans Huber.

Chi, M., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science,* 5, 121-152.

Henderson, C. & Harper, K. A. (Hrsg.) (2009). *Reviews in PER Vol. 1, Getting Started in Physics Education research.* College Park, MD: American Association of Physics Teachers.

Henderson, C. & Harper, K. A. (Hrsg.) (2011). *Reviews in PER Vol. 2, Getting Started in Physics Education research.* College Park, MD: American Association of Physics Teachers.

KFP, Konferenz der Fachbereiche Physik (2010). *Zur Konzeption von Bachelor- und Master-Studiengängen in der Physik: Handreichung.* Berlin: KFP.

Koppel, O. (2010). *Physikerinnen und Physiker im Beruf – Arbeitsmarktentwicklung, Einsatzmöglichkeiten und Demografie: Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.* Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.

Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften.* Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 161. Berlin: Logos.

Nersessian, N. J. (1995). Should physicists preach what they practice? *Science & Education,* 4(3), 203-226.

Pawl, A., Barrantes, A., Pritchard, D. E. & Mitchell, R. (2012). What do seniors remember from freshman physics? *Physical Review Special Topics – Physics Education Research,* 8(2).

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften.* Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 97. Berlin: Logos.

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.

Walzer, M., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2014). Fachwissen im Studium zum Lehramt Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterrich.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 108–110). Kiel: IPN.

Woitkowski, D. (in Vorbereitung) Dissertation.

Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,* 17, 289-313.

Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2014). Prospective physicists' and physics teachers' content knowledge – First results of a Germany-wide study. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning* (Strand 13, Lucy Avraamidou and Marisa Michelini, S. 28–37). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.

Florian Gigl[1]
Simon Zander[1]
Andreas Borowski[2]
Hans E. Fischer[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Potsdam

Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik

Hintergrund

In Anlehnung an die Beschreibung von Professionswissen nach Shulman (1987) besteht in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften ein breiter Konsens, Professionswissen von Lehrkräften in Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Pädagogisches Wissen einzuteilen (z. B. Fischer, Borowski & Tepner, 2012). In der COACTIV-Studie wird Fachwissen von Mathematiklehrkräften in die Facetten Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen untergliedert. Das vertiefte Schulwissen bezeichnet dabei die lehrerspezifische Kategorie „Schulwissen vom höheren Standpunkt“ (Baumert & Kunter, 2006).
Bisherige Ansätze betrachteten Fachwissen oftmals als eindimensionales Konstrukt (z. B. Kirschner, 2013; Kröger, Euler, Neumann, Härtig & Petersen, 2012), erste Modelle unterscheiden Fachwissen in eigenständige Dimensionen (z. B. Riese, 2009). Woitkowski et al. (2011) definieren Fachwissen als *Schulwissen*, das im Rahmen der Sekundarstufe I, und *universitäres Wissen,* das im Rahmen der universitären Ausbildung vermittelt wird. *Vertieftes Wissen* wird als Bindeglied zwischen Schulwissen und universitärem Wissen eingeführt. Wissen der Sekundarstufe II wird in diesem Ansatz nicht berücksichtigt und dem vertieften Schulwissen wird als besonderer lehrerspezifischer Domäne wenig Rechnung getragen. Zur Ausschärfung des Fachwissens werden im hier verwendeten Modell die Facetten von Fachwissen wie folgt charakterisiert. *Schulwissen* entspricht den fachlichen Inhalten, die im Rahmen des Grundkursabiturs vermittelt werden. *Vertieftes Schulwissen* stellt notwendiges Wissen zur Transformation universitärer Inhalte auf den Schulkontext dar und *universitäres Wissen* wird im Rahmen der akademischen Ausbildung vermittelt, stellt jedoch keinen Bestandteil des *vertieften Schulwissens* dar. Die Dimension vertieftes Schulwissen wird wie folgt operationalisiert.

- Verschiedene Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren und anwenden
- Lösung einer Aufgabe aus theoretischer Sicht planen
- Randbedingungen einer Schulaufgabe erkennen
- Aufgaben fachlich korrekt vereinfachen
- Zusammenhänge, Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikalischer Phänomene erkennen

Um dieses Modell zu validieren werden die folgenden Fragen bearbeitet:

- Kann das Testinstrument die Dimensionen des Fachwissens erfassen?
- Wie entwickelt sich das Fachwissen von Physikstudierenden im Rahmen der universitären Ausbildung?

Methode

Im Rahmen eines Prä-Post-Designs wurden zu Beginn und Ende des Wintersemesters 2013/14 an den Universitäten Bremen, Duisburg-Essen, Paderborn und Potsdam insgesamt $N_1 = 273$ (Prätest) bzw. $N_2 = 216$ (Posttest) Physikstudierende im ersten Semester, bestehend aus der Zielgruppe (Lehramt BA Physik) und einer Vergleichsgruppe (BA Physik), getestet. Im Längsschnitt konnten 95 Probanden zugeordnet werden.
Im Fachwissenstest Mechanik wurden Items gemäß der Dimensionen Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen konstruiert. Weiterhin wurde die Aufgabenschwierig-

keit gestaffelt in 1 Fakt, 2 Fakten, 1 Zusammenhang, 2 Zusammenhänge und übergeordnetes Konzept (Kauertz et al., 2010; Schoppmeier, 2013). Die Inhaltsvalidität wurde durch Analyse der Schul- sowie Universitätscurricula hergestellt. Das auf 60 Minuten angelegte Testheft bestand aus insgesamt 40 Aufgaben, 17 entfielen auf die Dimension Schulwissen, 12 auf das vertiefte Schulwissen, wobei nur Items zum 3. und 5. Teilaspekten konstruiert wurden, und 11 auf das universitäre Wissen.

Ergebnisse

Bei der Kriteriumsvalidierung durch Korrelation zu verschiedenen Fachnoten und einem Rechentest zeigen sich geringe Korrelationen mit den Schulnoten in Deutsch, mittlere Korrelationen mit den Schulnoten in Physik, Mathematik und der Abiturgesamtnote sowie eine mittlere bis hohe Korrelation mit dem Rechentest (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Korrelation Testergebnis Vortest mit Schulnoten und Rechentest

Korrelation mit	r	df	p
Rechentest	.62	241	<.001
Schulnote Deutsch	.13	227	.050
Schulnote Physik	.31	219	<.001
Schulnote Mathematik	.44	234	<.001
Abiturnote	.43	238	<.001

Der Modellvergleich mittels Raschanalyse (vgl. Tab. 2) weist zu beiden Testzeitpunkten für die zwei- sowie die dreidimensionale Modellannahme gegenüber der eindimensionalen Modellannahme eine verbesserte Passung auf, wie die deviance und der AIC zeigen (Burnham & Anderson, 2002). In beiden Fällen ist die zweidimensionale Modellannahme der dreidimensionalen leicht überlegen.

Tab. 2: Modellvergleich ein, zwei- und dreidimensionales Modell

Modell	Sample n	EAP/PV-reliabilität	deviance	AIC	Δ AIC zu 1-D
Prätest					
1D		.79	11927	12009	
2D	273	.79/.77	11886	11972	37
3D		.79/.73/.74	11885	11977	32
Posttest					
1D		.83	10075	10157	
2D	216	.83/.81	10039	10125	32
3D		.83/.79/.79	10038	10130	27

Der Vergleich der Personenfähigkeit im Fachwissen der Mechanik zwischen Studierenden Lehramt (LA) und Vollfach-Bachelor (VF) von Prä- und Posttest zeigt für beide Gruppen und Testzeitpunkte Unterschiede (vgl. Tab. 3).

Insbesondere beim Schulwissen ist der Unterschied groß, das Wissen der Lehramtsstudierenden zum Posttest ist vergleichbar mit dem der Vollfachstudierenden zum Prätest. Bei Betrachtung des Wissenszuwachses liegen signifikante Wissenszuwächse für LA und VF in allen drei Wissensbereichen vor. Die Größe des Wissenszuwachses unterscheidet sich zwischen LA und VF nicht.

Tab. 3: Gruppenvergleich Prä-Post

		Probanden (n)	M_{SW} (SD)	Cohen's d (SW)	p_{SW}	M_{VSW} (SD)	Cohen's d (VSW)	p_{VSW}	M_{UW} (SD)	Cohen's d (UW)	p_{UW}
Prä	LA	34	-0.74 (0.89)	0.72	***	-0.99 (0.71)	0.40	.05	-1.06 (0.75)	0.36	.08
	VF	61	-0.04 (1.02)			-0.66 (0.89)			-0.75 (0.92)		
Post	LA	34	-0.08 (1.12)	0.64	***	-0.50 (0.77)	0.64	**	-0.59 (0.84)	0.26	.23
	VF	61	0.63 (1.11)			0.06 (0.92)			-0.38 (0.79)		

Diskussion

Das entwickelte Testinstrument ermöglicht es, Fachwissen angehender Lehrkräfte kriteriumsvalide in drei Dimensionen zu differenzieren. Es konnte gezeigt werden, dass sich die zwei- und dreidimensionale Modellannahme kaum unterscheiden, wobei das dreidimensionale Modell aufgrund der theoretischen Überlegungen zu bevorzugen ist. Eine bessere Passung der Modellannahme wird erwartet, wenn alle fünf Teilaspekte im Testinstrument repräsentiert sind. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sich Lehramts- und Vollfach-Bachelorstudenten zu Studienbeginn unterscheiden. Nach einem Semester erreichen beide Gruppen vergleichbare Wissenszuwächse. Ein besonderer Wissenszuwachs von Lehramtsstudierenden beim vertieften Schulwissen kann nicht beobachtet werden. In weiteren Erhebungen wird nun geprüft, ob sich in späteren Semestern mehr Wissen in diesen Bereichen bei Lehramtsstudierenden entwickelt.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (9). 469-520.

Burnham, K. P.; Anderson, D. R. (2002), Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach (2nd ed.), Springer-Verlag.

Fischer, H. E., Borowski, A., Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of science teachers. In: Fraser, B.J., Tobin, K., McRobbie, C.J. (Hrsg.). Second International Handbook of Science Education (24). AK Houten: Springer Netherlands. 435-448.

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

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag.

Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., Härtig, H. & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In Bernholt, S. (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: LIT Verlag, 616-618

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag.

Schoppmeier, F. (2013). Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos Verlag.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57(1), pp. 1-22.

Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17. S. 289-313.

Yvonne Gramzow Universität Paderborn
Josef Riese
Peter Reinhold

Fachdidaktisches Wissen Physik - Validierungsstudien

Ziele und Theoretischer Hintergrund

Obwohl das Fachdidaktische Wissen (FDW) in der Literatur häufig als relevant für unterrichtliches Handeln von Lehrkräften erhofft wird, existiert bislang weder ein Konsens über seine innere Struktur noch ein Testinstrument, welches eine solche Struktur empirisch abzubilden vermag. Ausgehend von dieser Problematik wurde ein Modell fachdidaktischen Wissens entworfen sowie ein Testinstrument entwickelt und pilotiert, welches Analysen auf der Ebene von Subskalen ermöglichen soll. Mit Hilfe dieses Instruments sollen im Rahmen des Verbundprojekts Profile-P (vgl. Kulgemeyer et al., 2012) die Zusammenhänge zwischen den inneren Strukturen des Fachdidaktischen Wissens, des Fachwissens (Gigl et al., in diesem Band) und der Tätigkeit des Erklärens (Tomcyszyn et al., in diesem Band) aufgeklärt werden. Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse der Pilotierung sowie Studien zur Prüfung der Validität der Testwertinterpretation vorgestellt.

Testinstrument und Pilotstudie

Das Modell Fachdidaktischen Wissens wurde deduktiv auf der Grundlage von Analysen verschiedener Konzeptualisierungen von FDW und dem pedagogical content knowledge (PCK) entwickelt. Es ordnet sich in die gängigen heuristischen Modelle professioneller Handlungskompetenz als Teil der kognitiven Disposition in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006) ein. Der Schwerpunkt liegt auf das an der Universität erwerbbare Wissen. Dazu wurde zunächst ein breit angelegtes Modell entwickelt und anschließend für die Testentwicklung gekürzt (vgl. Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Der physikalische *Inhaltsbereich* wurde auf die Mechanik beschränkt sowie die vier fachdidaktischen *Facetten* „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“ ausgewählt.

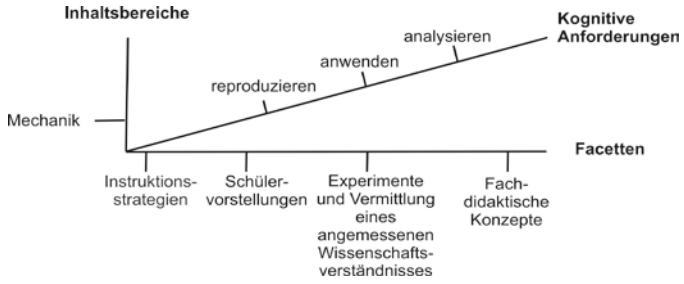


Abb.1: Modell für die Itementwicklung

Des Weiteren wurde dem Modell für die Itementwickelung (Abb.1) als dritte Dimension die *Kognitive Aktivität* hinzugefügt, die die Anforderungen der jeweiligen Items in die Bereiche „Reproduzieren“, „Analysieren“ und „Anwenden“ unterteilt (vgl. Anderson und Krathwohl, 2001). Anhand dieses Modells wurden 50 Aufgaben mit insgesamt 91 Items entwickelt, die in einer ersten Erhebung mithilfe von 2 Testheften pilotiert werden konnten. Dazu wurden 216 Lehramtsstudenten der Physik aus 12 Universitäten und Fachhochschulen befragt. Die Charakteristik der Stichprobe findet sich in der folgenden Tabelle:

Tab.2: Charakteristik der Pilotstichprobe. Angegeben sind jeweils Mittelwerte.

	N	Note Abitur	Weiblich	Fach-semester	Erworbene Creditpoints (CP) in physikdidaktischen Veranstaltungen
HR Lehramt	71	2,5	48 %	4,6	8,9
Gym Lehramt	127	2,0	39 %	5,2	10,0
Gesamt	216	2,2	44 %	5,0	9,3

Die auf Grundlage einer Raschanalyse erzeugte Wrightmap zeigt, dass der Test zu schwer und die Varianz zu gering ist (.39). Der Itemfit ist bei 86 von 91 Items jedoch gut ($0.8 < MNSQ < 1.2$ und $-1.9 < T < 1.9$), ebenso die EAP-Reliabilität für den gesamten Test (.84).

Validitätsbegriff

In Anlehnung an z. B. Blömeke (2013) und Kane (2013) wird Validität nicht als Eigenschaft des Testinstruments, sondern als eine der Interpretation definiert. In diesem Zusammenhang ist es zunächst relevant, die intendierten Interpretationen festzulegen. Hartig, Frey und Jude (2012) folgend soll das hier entwickelte Testinstrument dazu verwendet werden, Leistungen *zu erklären*. Hierzu sind theoretische Annahmen über das Konstrukt nötig, deren Validität überprüft werden muss. Die Annahmen gliedern sich in drei Ebenen:
(1) FDW lässt sich zu anderen Wissensbereichen (insbesondere Fachwissen) abgrenzen.
(2) FDW ist an der Universität erwerbbar.
(3) FDW lässt sich in vier fachdidaktischen Facetten gliedern.

Untersuchungen zur Konstruktvalidierung

Zunächst kann im Sinne der Verortung des Konstrukts in einem nomologischen Netzwerk (vgl. z. B. Hartig & Jude, 2007; Schaper, 2009) untersucht werden, ob Testwerte Indikatoren für Ausprägungen eines nicht direkt beobachtbaren Konstrukts sind. Sofern die Testwerte mit einer theoretischen Vorhersage übereinstimmen, kann dies als Indiz der Bestätigung des theoretischen Konstrukts angesehen werden. In Bezug auf die Ebenen (1) und (2) ist anzunehmen, dass die erreichten Creditpoints in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen höher mit den FDW-Personenfähigkeiten korrelieren als die erreichten Creditpoints in Fachveranstaltungen. Diese Annahme wird durch die Testwerte unterstützt. Es zeigt sich (jeweils unter Kontrolle der Fachsemester) eine Person-Korrelation von r=.375 der FDW-Personenfähigkeiten mit den CP Physikdidaktik und eine Person-Korrelation von r=.281 der FDW-Personenfähigkeiten mit den CP Physik. Im Regressionsmodell ist jedoch ausschließlich der Zusammenhang zu den CP Physikdidaktik relevant.
Des Weiteren ist es möglich, eine statistische Prüfung der inneren Struktur des Wissensbereichs mithilfe von Modellvergleichen vorzunehmen (Ebene 3). Hier zeigt ein χ^2-Test, dass ein 4D-Rasch-Modell, welches in vier fachdidaktischen Facetten unterteilt, eine hochsignifikant bessere Passung als ein 1D-Rasch-Modell aufweist.
Ebenfalls bezogen auf Ebene (3) wurde eine Prüfung der Modellpassung der Itemkonstruktionsregeln vorgenommen. Hierfür wurden zwei fachdidaktische Experten herangezogen, die anhand eines Manuals zur Beschreibung des Modells die einzelnen Items jeweils einer *Facette* zuordnen sollten. Es zeigt sich eine hohe Übereinstimmung der Zuordnungen (Cohens κ zwischen .73 und .89).

Untersuchungen zur Inhaltsvalidierung

Bezogen auf Ebene (1) der Annahmen über das Konstrukt wurde eine Expertenbefragung an den Verbundstandorten durchgeführt, um die inhaltliche Passung der Items hinsichtlich der universitären Curricula zu ermitteln. Mithilfe einer fünfstufigen Rating-Skala sollte jedes Item dahingehend bewertet werden, ob Lernenden im Laufe des Fachdidaktik-Studiums die

Möglichkeit haben, die nötigen Kompetenzen zu erwerben, um die entsprechende Aufgabe korrekt zu lösen (1=Ja, absolut; 5=Nein, in keinem Fall). Eine Mittelwertbildung der Einschätzungen liefert Werte im Bereich von 1.0 bis 3.2. Der über alle Items berechnete Mittelwert liegt bei 2.1, seine Standardabweichung bei 0.6. Daraus folgt, dass einige Items eine weniger hohe curriculare Passung aufweisen und daher für eine Testoptimierung entfernt werden sollten.
Ferner wurde eine Lautes-Denken-Studie (n=15) implementiert, bei der mithilfe einer Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) Wissensbestände identifiziert werden konnten, auf die die Probanden bei der Bearbeitung der Aufgaben zurückgreifen. Insbesondere bezogen auf Ebene (2) konnten so wichtige Hinweise dahingehend gewonnen werden, ob Aufgaben ausschließlich mit Fachwissen lösbar sind oder nicht. In dieser Hinsicht problematische Aufgaben sollten für die Haupterhebung entfernt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte ein Test entwickelt werden, der eine modellkonforme innere Struktur des Fachdidaktischen Wissens in Physik empirisch abbilden kann. Des Weiteren wurden Studien zur Untersuchung der Validität der intendierten Testwertinterpretation durchgeführt. Diese kann jedoch nur falsifiziert (z. B. durch die Identifikation problematischer Items) und nicht verifiziert werden. Trotzdem scheint der Test mit Einschränkungen für die o. g. Ziele des Verbundprojekts ProfiLe-P geeignet. Für die Haupterhebung, die seit dem Wintersemester 13/14 läuft, wurde eine Kürzung des Instruments auf 65 Minuten vorgenommen. Dazu wurden im ersten Schritt Hinweise aus den Validierungsstudien und im zweiten Schritt statistische Merkmale des Tests bzw. der Items herangezogen. Die Haupterhebung des Verbundprojekts ProfiLe-P ist im Sommer 2015 abgeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt können voraussichtlich erste differenzierte Zusammenhangsanalysen zwischen dem Fachdidaktischen Wissen, dem Fachwissens und der Tätigkeit des Erklärens vorgestellt werden.

Literatur

Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Baumert, J., Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520.

Blömeke, S. (2013). Validierung als Aufgabe im Forschungsprogramm "Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor": (KoKoHS Working Papers, 2). Berlin & Mainz: Humboldt-Universität & Johannes Gutenberg-Universität.

Gramzow, Y.; Riese, J.; Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften), 19, 7-30

Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), Testtheorie und Fragebogenkonstruktion . Berlin: Springer, 143-173.

Hartig, J. & Jude, N. (2007). Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenzmodelle. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), Möglichkeiten und Voraussetzungen technologie-basierter Kompetenzdiagnostik, Bonn and Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung, 17-36

Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. Journal of Educational Measurement, 50 (1), 1-73.

Kulgemeyer, C.; Borowski, A.; Fischer, H.; Gramzow, Y.; Reinhold, P.; Riese, J.; Schecker, H.; Tomcyszyn, E.; Walzer, M. (2012). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung des Forschungsprojekts. PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

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

Schaper, N. (2009). Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und – messung in der Lehrerbildung. In N. Schaper, A. H. Hilligus & P. Reinhold (Hrsg.), Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung, Landau/Pfalz: Empirische Pädagogik, 166-199.

Elisabeth Tomczyszyn Universität Bremen
Christoph Kulgemeyer
Horst Schecker

Messung der Erklärungsfähigkeit von Lehramtsstudierenden der Physik

Erklären wird als eine wichtige Fähigkeit von Physiklehrkräften angesehen (Osborne & Patterson, 2011). Egal ob in Frontal- oder in Gruppenarbeitsphasen, die Lehrkraft muss ihren Schülerinnen und Schülern immer wieder etwas erklären. Nicht selten geschieht dies sogar spontan, wenn beispielsweise ein Schüler sagt: „Das habe ich noch nicht verstanden“. Physikreferendare berichten zudem, dass gutes Erklären für sie die Hauptschwierigkeit im Unterricht darstellt (Merzyn, 2005). Gleichzeitig beklagt Geelan (2012) den Mangel an empirischer Forschung zum Erklären. Er findet lediglich zwei Studien, die sich mit der Beschreibung verbaler Unterrichtserklärungen beschäftigen.
In diesem Beitrag wird ein videobasiertes Testinstrument vorgestellt, mit dem die Erklärungsfähigkeit von Lehramtsstudierenden der Physik erhoben werden kann. Dafür wird zunächst ein Modell für Unterrichtserklärungen beschrieben und ein Setting vorgestellt, in dem die Erklärungsfähigkeit in einer standardisierten Handlungssituation erhoben werden kann. Dann werden ein Kategoriensystem und ein Maß, mit dem sich die Erklärungsfähigkeit quantifizieren lässt, präsentiert.

Unterrichtserklärungen

Bei Unterrichtserklärungen geht es darum, einen Sachverhalt für Schülerinnen und Schüler verständlich zu machen. Erklären kann also als die Fähigkeit definiert werden, Verständnis zu erzeugen (Gage, 1968). Treagust und Harrison (1999) nennen diese Art von Erklärungen, *science teacher explanations.* Hier steht die Vermittlungsabsicht im Vordergrund. Treagust und Harrison stellen dieser ersten Art von Erklärungen *scientific explanations* gegenüber, bei denen es primär darum geht, wie Phänomene deduktiv aus Gesetzen und Vorbedingungen sachlogisch abgeleitet werden können (Hempel & Oppenheim, 1948). Diese Erklärungen werden unabhängig von einem Adressaten gedacht.
Als Grundlage für ein Modell von Unterrichtserklärungen wurde das Modell für fachbezogene Kommunikation von Schülerinnen und Schülern (Kulgemeyer & Schecker, 2009) gewählt und angepasst. Mindestens zwei Personen sind an dem Dialog beteiligt, wobei der Erklärer einen Wissensvorsprung gegenüber dem Adressaten hat und diesem etwas erklären möchte. Der Erklärer muss die Erklärung sachgerecht und adressatengemäß gestalten, damit sie fachlich richtig aber auch verständlich und interessant für den Adressaten ist. Es gibt nach dem Modell vier Aspekte in denen der Erklärer die Erklärung variieren kann: *Sprachebene, Mathematisierungen, Beispiele und Darstellungsformen*.
Der Adressat ist aktiv an dem Dialog beteiligt und gibt verbal und nonverbal Rückmeldungen darüber, ob das Erklärungsangebot des Erklärers verständlich ist und zu seinem Vorwissen und Interesse passt. Meldet der Adressat zurück, dass er bereits den ersten Erklärungsansatz nicht verstanden hat, kann der Erklärer z. B. den Grad der Verwendung formaler Fachsprache reduzieren, indem er seine Erklärung durch Alltagsbegriffe ergänzt (*Sprachebene*). Er kann Formeln durch Zahlenbeispiele vereinfachen (*Mathematisierungen*), anhand eines alltagsnahen Beispiels erklären (*Beispiele*) oder die Erklärung durch eine Abbildung anschaulicher machen (*Darstellungsformen*).
Das Verwenden einer reduzierten Form von Fachsprache, von Beispielen und von Darstellungsformen wird in Literatur als verständnisförderlich beschrieben (z. B. Brown, 2006). Darüber hinaus werden noch weitere Kriterien genannt. Beispielsweise sollte die Erklärung klar strukturiert sein und der Adressat in die Erklärung einbezogen werden.

Experten-Novizen-Dialog

Beim Experten-Novizen-Dialog (vgl. Kulgemeyer & Schecker, 2009) bekommt ein/e Student/in die Aufgabe einem Schüler oder einer Schülerin der 10. Klasse des Gymnasiums einen vorgegebenen physikalischen Sachverhalt zu erklären. Beispielsweise soll erklärt werden, warum man sich in der Achterbahn beim Durchfahren eines parabelförmigen Hügels schwerelos fühlt. Zunächst bekommt die erklärende Person einige Materialien, z. B. Formeln und Abbildungen, sowie zehn Minuten Zeit sich auf die Erklärung vorzubereiten. Anschließend wird sie mit einem Schüler bzw. einer Schülerin zusammengebracht und bekommt zehn Minuten Zeit den Sachverhalt zu erklären. Die Schülerinnen und Schüler sind von uns darauf trainiert worden, sich in jeder Erklärung vergleichbar zu verhalten und gleichartige Fragen zu stellen. Beispielsweise sagen sie „*Das habe ich noch nicht verstanden. Kannst du das nochmal leichter erklären?*“ Sie werden in mehreren Durchgängen mit einem videobasierten Feedbacktraining geschult, um die Fragen glaubhaft und an passenden Stellen zu setzen.Die Videos werden mit einem Kategoriensystem kodiert (s. u.) und dahingehend analysiert, wer der bessere Erklärer ist.

Mit dem Experten-Novizen-Dialog kann die Erklärungsfähigkeit in einem standardisierten Setting erhoben werden. Gegenüber schriftlichen Tests zum Professionswissen (z. B. von Riese & Reinhold, 2010) hat das Verfahren den Vorteil eines größeren Handlungsbezugs und über rein kognitive Aspekte hinaus zu messen, wie es beispielsweise von v. Aufschnaiter und Blömeke (2010) gefordert wird.

Entwicklung des Kategoriensystems

Mit qualitativer Inhaltsanalyse wurde ein Kategoriensystem entwickelt, um Unterschiede in den Erklärungen auszumachen. Im ersten Schritt wurden deduktiv Kategorien aus der Literatur formuliert. Anhand von Erklärungsvideos, die mit dem Experten-Novizen-Dialog entstanden sind, wurden diese Kategorien überarbeitet und induktiv neue entwickelt. Die so entstandenen 45 Kategorien beschreiben alle Änderungen, die in den Erklärungen vorgenommen wurden. Zwei Kodierer konnten sich kommunikativ über alle Kategorien einigen. Die große Zahl an Kategorien resultierte daraus, dass Aspekte aus dem Modell oder die Kriterien aus der Literatur jeweils durch mehrere Kategorien vertreten waren. Beispielsweise gab es zu dem Modellaspekt *Sprache* die Kategorien: a) *Fachbegriffe mit Fachbegriffen kommentieren*, b) *Fachbegriffe mit Alltagsbegriffen kommentieren*, c) *Fachbegriffe vermeiden, indem sie durch Alltagsformulierungen ersetzt werden*, etc.

Maß für Erklärungsfähigkeit

Aus den Kategorien sollte ein Maß gebildet werden, das die Erklärungsfähigkeit reliabel und valide misst. Dafür wurde ein Expertenrating durchgeführt. Zunächst wurden 16 Erklärungsvideos zum gleichen Thema und mit vergleichbarer physikalischer Korrektheit gepaart. Jedes Videopaar wurde von jeweils fünf Experten hochinferent hinsichtlich der Frage „Wer war in diesen Videos der bessere Erklärer bzw. die bessere Erklärerin?“ eingeschätzt. Die Experten waren sich in fast allen Fällen einig. Die prozentuale Übereinstimmung liegt bei 95% und Fleiss’ Kappa bei $\kappa = 0{,}798$.

Um aus den Kategorien ein Maß zu bilden, wurde die Anzahl der auftretenden Kategorien aufsummiert. Für das Auftreten einer Kategorie innerhalb einer Erklärung wird ein Mal ein Punkt vergeben. Dabei werden nur solche Kategorien berücksichtigt, die nach der Theorie verständnisförderlich sind und die häufiger in den Videos vorkommen, die von den Experten als besser eingeschätzt wurden. Daraus ergeben sich 26 Kategorien, die ein erstes reliables Maß_{26} (Cronbachs $\alpha = 0{,}735$) bilden, was mit der Expertenentscheidung zu 100 % übereinstimmt. In einem nächsten Schritt, wurden die Kategorien schrittweise reduziert und bei jedem Reduktionsschritt kontrolliert, ob 1) die Reliabilität und 2) die Übereinstimmung zwischen dem Maß und den Experten hoch bleiben (Cronbachs $\alpha > 0{,}7$ und Cohens $\kappa > 0{,}7$).

ßerdem wurde 3) darauf geachtet, alle Modellaspekte (Sprache, Beispiele, Darstellungsform, Mathematisierung) mit den Kategorien abzudecken. Das neue schlankere und damit besser handhabbare $Maß_{12}$ (siehe Tab. 1) setzt sich aus nur noch zwölf Kategorien zusammen und erfüllt diese Anforderungen. Nur bei einem der acht zu vergleichenden Videopaare weicht die Entscheidung der Experten von der durch das $Maß_{12}$ ab. Hier kommt das Maß allerdings auch mit nur einem Punkt Unterschied zu einer anderen Reihenfolge bezüglich des besseren Erklärers. Bei allen anderen Entscheidungen ist der Unterschied größer. Gerade bei diesem Videopaar sind sich die Experten auch nicht einig, welcher Erklärer besser ist. Das lässt vermuten, dass die Erklärungsfähigkeit der beiden Erklärer ähnlich ist und die Entscheidung wer besser ist, nicht so eindeutig gefällt werden kann.

Tab. 1: Bildung des Maßes

	$Maß_{26}$	$Maß_{12}$
Anzahl der Kategorien	26	12
Übereinstimmung: Maß und Expertenrating, (Cohens κ:)	100 % (1,00)	87,5 % (0,75)
Reliabilität, Cronbachs α:	0,735	0,772
Alle Modellaspekte sind abgedeckt	✓	✓

Ausblick

Das hier präsentierte Maß für Erklärungsfähigkeit berücksichtigt bisher nur die adressatengemäße Komponente des Modells für Unterrichtserklärungen. Darüber hinaus sollen die Erklärungen noch hinsichtlich der Sachgerechtheit analysiert werden.

Im Verbundprojekt *Profile-P* (Professionswissen in der Lehramtsausbildung – Physik; Projektpartner an den Universitäten Duisburg-Essen, Paderborn und Potsdam) wird der Experten-Novizen-Dialog eingesetzt, um den Zusammenhang zwischen Fachwissen, fachdidaktischen Wissen und der Erklärungsfähigkeit zu untersuchen. Für jeden Bereich wurden Testinstrumente entwickelt und pilotiert. Sie werden an einer gemeinsamen Stichprobe aus Studierenden aller Semester an allen Partneruniversitäten eingesetzt. Mit dem Experten-Novizen-Dialog wird eine Teilmenge von N = 200 Studierenden getestet. Die Datenerhebung endet im Wintersemester 2014/15.

Literatur

Aufschnaiter, C. v. & Blömeke, S. (2010). Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen - Desiderata. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 361-367

Brown, G. (2006). Explaining. In O. Hargie (Hrsg.): The handbook of communication skills. East Sussex: Taylor & Francis, 195-228

Gage, N. L., Belgard, M., Dell, D., Hiller, J. E., Rosenshine, B. & Unruh, W. R. (1968). Exploration of the Teacher's Effectivness in Explaining. Technical Report No.4. Stanford Center for Research and Development in Teaching. Stanford, California

Geelan, D. (2012). Teacher Explanations. In B. Fraser, K. Tobin & C. McRobbie (Hrsg.): Second International Handbook of Science Education. Dordrecht: Springer, 987-999

Hempel, C.G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. Reprint, in: C.G. Hempel (1967). Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science and other essays in the philosophy of science. New York: Free Press, 245-290

Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kompetenzbegriffs. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15, 131-153

Merzyn, G. (2005). Junge Lehrer im Referendariat. In: MNU 58 (1), 4-7

Osborne, J. F. & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? Science Education 95(4), 627-638

Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 167-187

Treagust, D. & Harrison, A. (1999). The genesis of effective science explanations for the classroom. In J. Loughran (Hrsg.), Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy. Abingdon: Routledge, 28–43

Philipp Straube Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Erkenntnisgewinnungskompetenz im Lehramtsstudium

Einleitung

Die Erfassung professioneller Kompetenz von Lehramtsstudierenden rückte in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus. Auch wenn die fundamentalen Arbeiten Lee Shulmans (1986) und für den deutschen Sprachraum von Baumert und Kunter (2006) schon mehrere Jahre existieren, so ist – mit einigen Ausnahmen (z. B. COACTIV) – erst aktuell eine erhöhte Forschungsaktivität festzustellen (z. B. ProWin).

Während viele Studien versuchen ein ganzheitliches Bild der professionellen Kompetenz von Lehrenden zu erfassen, befasst sich das hier dargestellte Vorhaben mit einem sehr speziellen Bereich. Der Fokus liegt auf der Erkenntnisgewinnungskompetenz von Lehramtsstudierenden, die sehr detailliert erfasst werden soll. Im Modell der professionellen Handlungskompetenz ist diese dem Bereich des Content Knowledge (bzw. Fachwissen) zuzuordnen. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse der Studie dargestellt, die im Rahmen des Ko-WADiS-Projekts entstanden ist (Hartmann et al., im Druck). Zentrale Fragestellungen dieses Projekts umfassen die Struktur und die Entwicklung der Kompetenz im Rahmen des Studiums. Innerhalb dieses Beitrages sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

Gibt es Unterschiede im Kompetenzstand zwischen Studierenden

- im Bachelor- und Masterstudiengang?
- im Lehramt- und Mono-Physik-Studiengang?
- mit und ohne einem weiteren naturwissenschaftlichem Fach neben Physik (nur Lehramtsstudierende)?

Grundlagen

Erkenntnisgewinnung wird in diesem Projekt als wissenschaftliches Problemlösen aufgefasst (Mayer, 2007). Dabei wird eine fächerübergreifende naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungskompetenz angenommen. Das der Studie zugrunde liegende Kompetenzmodell umfasst die beiden Dimensionen *Untersuchungen* und *Modelle Nutzen*, mit jeweiligen Subdimensionen. Insgesamt ergibt sich ein sieben-dimensionales Modell (Details zum Kompetenzmodell und zur Testkonstruktion finden sich bei Straube et al., 2014a und 2014b). Um dem fächerübergreifenden Ansatz Rechnung zu tragen, wurden zu jeder Zelle des Kompetenzmodells Aufgaben aus allen drei Naturwissenschaften (Physik, Chemie und Biologie) konstruiert. Die hier dargestellten Ergebnisse wurden mit 48 Items aus der Physik, 41 Items aus der Biologie und 32 Items aus der Chemie erhoben (insgesamt 121 Items), die sich im Multi-Matrix-Design auf 20 verschiedene Testhefte verteilen (18 Items pro Testheft). Die Hefte sind über Ankerblöcke verbunden.

Die analysierte Stichprobe besteht aus 514 Physik-Studierenden, von denen 26 % weiblich sind. 109 Studierende befinden im Master-Studiengang. 255 Studierende haben das Studienziel „Lehramt“, was ca. 50 % der Stichprobe entspricht. Davon haben 104 Personen Physik als Erstfach gewählt.

Methodisches Vorgehen

Die Auswertung erfolgte mit dem 1PL-Modell (Rasch-Modell) der probabilistischen Testtheorie mit Conquest 3.0 (Adams et al., 2012). Auf Grundlage der Parameter wMNSQ und T-Wert wurde eine Itemselektion vorgenommen (Bond & Fox, 2007). Eine weitere Selektion erfolgte auf Grundlage der Item-charakteristischen-Kurven (Hambleton et al.,

1991). Insgesamt wurden 15 Items ausgeschlossen. Jede Zelle des Kompetenzmodells bleibt weiterhin durch jedes Fach mit mindestens drei Items besetzt.
Für die verbleibenden Items wurden auf Grundlage der 514 Probanden mit Physik als einem Fach Itemparameter (Schwierigkeiten) geschätzt. Die in diesem Rasch-Modell geschätzten Parameter und Kovarianzen wurden dann jeweils in die Berechnungen für die einzelnen Fragestellungen fixiert importiert. Für diese Analysen wurde ein latentes Regressionsmodell spezifiziert. In dieses flossen die Dummy-kodierten Variablen *Master, Lehramt, naturwissenschaftliches Beifach* und *Physik als Erstfach* ein. Für die weitere Auswertung wurden Plausible-Values (PVs) exportiert (Wu, 2005). Diese sind für die gruppenbezogenen Auswertungen, die hier vorgenommen werden sollen, besser als andere Schätzer geeignet. Von den fünf gezogenen PVs wurde jeweils der erste für die weiteren Rechnungen verwendet. Für den Signifikanztest von Mittelwertunterschieden wurden t-Tests genutzt (Field, 2009). Als Effektstärke diente das korrigierte Cohens *d* (Field, 2009).

Auswertung
Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf ein eindimensionales Modell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, da dieses bei einer Analyse die Daten am besten repräsentierte (Hartmann et al., im Druck).
H1: *Masterstudierende zeigen einen höheren Kompetenzstand als Bachelorstudierende.*
Mit diesem Kompetenztest soll eine mutmaßlich im Studium erworbene Kompetenz erfasst werden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Masterstudierende einen höheren Kompetenzstand zeigen als Bachelorstudierende. In der Kohorte sind auch Studierende mit anderem Studienziel vertreten (z. B. Staatsexamen). Diese wurden entsprechend ihrer Semesterzahl den Gruppen zugeordnet (Grenze: Ende 6. Semester)

Tab. 1: H1: t-Test und Effektstärke

Gruppe	**N**	**M**	**SD**	**df**	**t**	**p**	***d***
Bachelor	389	-0,0854	0,59220	505	-5,350	<0,001	0,59
Master	118	0,2397	0,52897				

Der t-Test für die getestete Hypothese zeigt höchst signifikante Unterschiede ($p<0,001$) zwischen den beiden Gruppen. Cohens *d* zeigt eine mittlere Effektstärke. Die Hypothese hat die Prüfung demnach bestanden.
H2: *Lehramtsstudierende zeigen einen höheren Kompetenzstand als Mono-Physik-Studierende.*
Die in diesem Test getestete Kompetenz wird innerhalb der Didaktikveranstaltungen des Lehramtsstudiums explizit vermittelt. Innerhalb des Mono-Physik-Studiums findet eine eher implizite Vermittlung im Rahmen der Laborpraktika statt. Daher wird ein höherer Kompetenzstand von Lehramtsstudierenden vermutet.

Tab.2: H2: t-Test und Effektstärke

Gruppe	**N**	**M**	**SD**	**df**	**t**	**p**	***d***
Kein Lehramt	253	0,0846	0,60966	505	3,613	<0,001	0,32
Lehramt	254	-0,1037	0,56309				

Der t-Test zeigt höchst signifikante Unterschiede ($p<0,001$) zwischen den beiden Gruppen, allerdings in umgekehrter Richtung. Die Hypothese muss daher verworfen werden. Cohens *d* deutet auf einen schwachen Effekt hin.
H3: *Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Beifach zeigen einen höheren Kompetenzstand als Studierende ohne naturwissenschaftliches Beifach.*

Aufgrund der höheren Anzahl an Lerngelegenheiten wird ein Vorteil für Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern (zusätzlich Biologie oder Chemie) vermutet.

Tab.3: H3: t-Test und Effektstärke

Gruppe	**n**	**M**	**SD**	**df**	**t**	**p**	***d***
Kein nawi Neb.	209	-0,0954	0,58809	252	-0,95	>0,9	-0,014
Nawi. Neb.	45	-0,1037	0,56309				

Der t-Test zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Dieses wird durch die minimale Effektstärke unterstrichen. Diese Hypothese muss demnach ebenfalls verworfen werden.

Diskussion

Der positive Ausgang der ersten Hypothese deutet darauf hin, dass mit dem vorliegenden Kompetenztest eine im Studium erworbene Kompetenz erhoben wird. Es muss davon ausgegangen werden, dass durch eine feinere Unterscheidung nach Studienzeit sich größere Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zeigen. Für den angenommenen höheren Kompetenzstand von Lehramtsstudierenden im Vergleich zu Mono-Studierenden des Fachs Physik gibt es keine Evidenz. Im Gegenteil dazu zeigt sich ein umgekehrter Effekt, der leichte Vorteile für Mono-Physik-Studierende zeigt. Die implizite Vermittlung der Kompetenzen wurde möglicherweise unterschätzt. Hier müssen detailliertere Analysen zeigen, ob sich dieser Unterschied bis zum Ende des Studiums fortsetzt. Auch für den angenommenen höheren Kompetenzstand von Lehramtsstudierenden mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern zeigt sich keine Evidenz. Zumindest Physik-Studierende scheinen nicht von einem weiteren naturwissenschaftlichen Fach zu profitieren.

In weiteren Analysen soll insbesondere die Kompetenzentwicklung im Quasi-Längsschnitt analysiert werden. Dazu müssen für die einzelnen Kohorten zunächst DIF-Analysen gerechnet werden. Auch soll geprüft werden, ob das 2PL-Modell die Daten ggf. besser repräsentiert.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms „KoKoHs“ durch das BMBF gefördert.

Literatur

Adams, R., Wu, M., & Wilson, M. (2012). ConQuest 3.0.1: Australian Council for Educational Research.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520. doi:10.1007/s11618-006-0165-2

Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Field, A. (2009). Discovering statistics using SPSS (3. ed., reprinted 2009 (twice)). Los Angeles, Calif.: Sage.

Hambleton, R. K., Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1991). Fundamentals of Item Response Theory. Newbury Park: Sage.

Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (im Druck). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried, & E. Wuttke (Eds.), Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und angehenden ErzieherInnen . Bad Heilbrunn: Klinkhart.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–184). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15, 4-14

Straube, P., Stiller, J., Tiemann, R., & Nordmeier, V. (2014a). Ko-WADiS | Aspekte der Itemkonstruktion. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht . Kiel: GDCP.

Straube, P., Tiemann, R., Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D., & Nordmeier, V. (2014b). Ko-WADiS | Theoretische Grundlagen. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht . Kiel: GDCP.

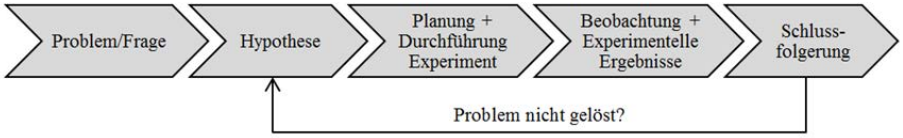
Wu, M. (2005). The role of plausible values in large-scale surveys. Studies in Educational Evaluation, 31(2-3), 114–128. doi:10.1016/j.stueduc.2005.05.005

Anna Schmitt TU Dortmund
Insa Melle

Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Einleitung

Obwohl die Förderung naturwissenschaftlicher (ntw.) Denk- und Arbeitsweisen sowohl national als auch international ein wichtiges Bildungsziel darstellt (u. a. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005; National Research Council, 1996), zeigen zahlreiche Untersuchungen, dass im Unterricht kaum die Phasen des ntw. Erkenntnisweges berücksichtigt werden (u. a. Seidel et al., 2007; Tesch & Duit, 2004) und dass die Schüler Schwierigkeiten bei der Durchführung von Experimenten gemäß dem ntw. Erkenntnisweg haben (u. a. Hammann et al., 2006). Abgeleitet aus verschiedenen Modellen (Klahr & Dunbar, 1988; Schmidkunz & Lindemann, 1992) und den Standards des Kompetenzbereiches Erkenntnisgewinnung (Bildungsstandards) lassen sich die Phasen des ntw. Erkenntnisweges folgendermaßen beschreiben:



In drei aufeinander folgenden Untersuchungen an der Universität Duisburg-Essen (AG Sumfleth) konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von Unterstützungsmaßnahmen (Strukturierungstraining, Strukturierungshilfen, Feedback) sich positiv auf das Experimentieren gemäß dem ntw. Erkenntnisweg auswirkt (Rumann, 2005; Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008). Mithilfe dieser Strukturierungsmaßnahmen konnten die Schüler in Kleingruppen (ca. vier Schüler pro Gruppe) die Phasen des ntw. Erkenntnisweges selbstständig durchführen. Darauf basierend ist das Ziel des hier vorgestellten Projektes, zu analysieren, inwieweit es gelingt, diese erprobte experimentelle Einsatzvariante mithilfe einer Lehrerfortbildung in die Praxis zu implementieren. Auf diese Weise sollen die Kompetenzen der Lehrer gefördert werden, die für die Vermittlung von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung bedeutsam sind. Die Evaluation der Fortbildung erfolgt mittels eines Modells, basierend auf Kirkpatrick (1979), Guskey (2000) und Lipowsky (2010), die die Überprüfung der Wirkung einer Maßnahme auf mehreren Ebenen beschreiben (1. Zufriedenheit der Teilnehmer; 2. Erweiterung der Lehrerkognitionen; 3. Wirkung auf das unterrichtspraktische Handeln; 4. Effekte auf die Lernenden). Die im Folgenden beschriebenen Forschungsfragen basieren auf den vier Ebenen dieses Modells. Bezüglich der jeweiligen Forschungsfragen wurden verschiedene Testinstrumente eingesetzt.

Forschungsfragen

F1: Empfinden die Teilnehmer die neu konzipierte Fortbildung als positiv?
F2: Ändert sich die Einstellung der Teilnehmer in Richtung eines Einsatzes von Experimenten zur Erkenntnisgewinnung durch die Fortbildung?
F3: Ändert sich das fachdidaktische Wissen zum Experimenteinsatz durch die Fortbildung?
F4: Erstellen die Teilnehmer Unterrichtsmaterialien gemäß den Fortbildungsinhalten?
F5: Sind die Teilnehmer in der Lage, die Fortbildungsinhalte im Unterricht umzu setzen?
F6: Experimentieren die Schüler gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg?

Testinstrumente

F1: Fragebogen zur allgemeinen Fortbildungsqualität (18 Items, $\alpha = .87$)
Fragebogen zur Überzeugung bzgl. der Fortbildungsinhalte (10 Items, $\alpha = .71$)

F2: Einstellungsfragebogen zum Experimenteinsatz (20 Items, $\alpha = .78$)

F3: Fachdidaktischer Wissenstest (Tepner, Backes & Sumfleth, unveröffentlicht, 27 Relationen, $\alpha = .75$)

F4: Manuale für die Kodierung der Materialplanungsvideos
(Basiskodierung: $\kappa_{Gesprächsinhalt} = .75$, $\kappa_{Materialplanung} = .87$; Rating: $ICC_{unjust} = .77$)

F5: Manuale für die Kodierung der Lehrer-Unterrichtsvideos
(Basiskodierung: $.77 < \kappa < 1.00$, $\kappa_{Sonstiges} = .54$; Bewertung: $ICC_{unjust} = 1.00$)

F6: Manuale für die Kodierung der Schülergruppen-Unterrichtsvideos
(Basiskodierung: $\kappa = .92$; Bewertung: $ICC_{unjust} = .80$)

Zusätzlich: Manual für die Interviewanalyse ($.77 < ICC_{unjust} < .97$)

Untersuchungsdesign

An der eintägigen Fortbildung zur Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz (IG) haben 54 Chemielehrer (L) und 31 Referendare (R) der Sek. I und II teilgenommen. Eine zusätzliche Vergleichsgruppe (VG) bestand aus 39 Chemielehrern der Sek. I und II, die eine eintägige allgemeine Experimentalfortbildung besucht haben. Zehn Tage vor der Fortbildung wurden die Einstellung und das fachdidaktische Wissen der Teilnehmer online erhoben (pre). Danach folgten die entsprechenden Fortbildungsveranstaltungen für die IG und VG. Bei der IG wurde die Materialplanung gefilmt und es wurden Interviews mit den Teilnehmern im Anschluss an die Veranstaltung geführt. Die erneute Erhebung der Einstellung und des fachdidaktischen Wissens erfolgten bei der IG und VG sowohl am Ende der Veranstaltung (post) als auch drei Monate danach (follow-up). Darüber hinaus wurde die Zufriedenheit der IG-Teilnehmer im Anschluss an die Fortbildung erfasst. Ebenfalls wurde der Unterricht einiger Lehrer (IG) nach der Fortbildung videographiert.

Ergebnisse der Hauptuntersuchung

F1: Die Auswertungen der Fragebögen der IG-Teilnehmer (5-stufige Likertskala von sehr unzutreffend/1 bis sehr zutreffend/5) haben gezeigt, dass die Lehrer und Referendare die Fortbildungsqualität positiv einschätzten ($M_L = 4.30$, $M_R = 4.23$; $n_L = 47$, $n_R = 31$) und sie von den Fortbildungsinhalten überzeugt waren ($M_L = 4.30$, $M_R = 4.34$; $n_L = 47$, $n_R = 31$). Interviewanalysen ergaben zusätzlich, dass die meisten Teilnehmer angaben, die Inhalte im Unterricht vollständig einsetzen zu wollen (L: 75 %; R: 87 %). Alle weiteren Teilnehmer haben eine teilweise Umsetzung geplant.

F2: Die Einstellung konnte bei den IG-Teilnehmern unmittelbar (pre/post) in Richtung eines Einsatzes von Experimenten zur Erkenntnisgewinnung verändert werden (Lehrer: $p < .001$, $d = 0.69$, $n = 47$; Ref: $p < .001$, $d = 1.03$, $n = 31$). Langfristig (pre/follow-up) hat sich die Einstellung bei der IG ebenfalls geändert (Lehrer: $p = .005$, $d = 0.56$, $n = 33$; Ref: $p = .023$, $d = 0.53$, $n = 10$). Bei der VG fand pre/post keine Einstellungsänderung statt ($p = .696$, $d = 0.04$, $n = 39$).

F3: Das fachdidaktische Wissen zum Experimenteinsatz konnte bei den Lehrern und Referendaren der IG unmittelbar (pre/post) erhöht werden (Lehrer. $p < .001$, $d = 0.62$, $n = 42$; Ref: $p = .023$, $d = 0.40$, $n = 29$). Langfristig (pre/follow-up) erhöhte sich das fachdidaktische Wissen nur bei den Lehrern ($p = .006$, $d = 0.54$, $n = 31$), bei den Referendaren nicht ($p = .272$, $d = 0.41$, $n = 10$). Bei der VG hat sich das fachdidaktische Wissen durch die Fortbildung (pre/post) nicht geändert ($p = .967$, $d = 0.01$, $n = 37$).

F4: Die Analysen der Materialplanungsvideos zeigten, dass die Teilnehmer Unterrichtsmaterialien gemäß den Fortbildungsinhalten entwickelt haben ($M_L = 3.56$; $M_R = 3.60$, 4-stufige Likertskala von trifft nicht zu/1 bis trifft zu/4).

F5: Einzelfallanalysen der acht Lehrer-Unterrichtsvideos haben ergeben, dass alle Teilnehmer einen Unterricht gestaltetet haben, der die Phasen des Erkenntnisgewinnungsprozesses beinhaltete. Fünf dieser acht Lehrer setzten dabei die in der Fortbildung besprochene Unterrichtsmethode vollständig um. Während ein Lehrer lediglich eine Strukturierungshilfe einsetzte, wurde bei zwei Lehrern deutlich, dass mögliche Hypothesen im Klassengespräch geplant wurden und somit keine eigenständige Formulierung durch die Schülergruppen stattfand.
F6: Die 22 gefilmten Schülergruppen durchliefen insgesamt 26 Erkenntnisgewinnungsprozesse, die bewertet wurden. In 73 % dieser Fälle wurden alle Phasen des ntw. Erkenntnisweges berücksichtigt. Bei 84 % dieser vollständig durchlaufenen Erkenntnisgewinnungsprozesse zeigte sich eine sinnvolle Durchführung der Phasen.
Darüber hinaus konnten Hinweise dafür erfasst werden, dass die Referendare ihre Einstellung durch die Fortbildung stärker änderten als die Lehrer (p = .057, d = 0.46; n_L = 47, n_R = 31) und, dass sie ein höheres fachdidaktisches Wissen (pre) aufwiesen (p = .070, d = 0.47; n_L = 42, n_R = 29). In beiden Fällen liegen die Werte nah an der Signifikanzgrenze von .05. Interviewanalysen ergaben zusätzlich, dass die Lehrer vor der Fortbildung seltener Experimente zur Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz eingesetzt haben als die Referendare (p < .001, φ = .48; n_L = 48, n_R = 31) und, dass die Fortbildungsinhalte für die Lehrer neuer waren (p < .001, φ = .47; n_L = 46, n_R = 31).
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die mit der Fortbildung verbundenen Ziele erfüllt werden konnten. Bezüglich der Forschungsfragen 5 und 6 muss berücksichtigt werden, dass die Auswertungen auf einer geringen Stichprobe basieren. Aus diesem Grund können nur Hinweise gegeben werden.

Literatur

Hammann, M., Hoi Phan, T. T., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59/5, 292-299.

Guskey, T. R. (2000). *Evaluating Professional Development*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.

Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for evaluating training programs. *Training and Development Journal*, *33*(6), 78–92.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitiv Science*, 12 (1), 1-48.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf: Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Eds.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (pp. 51–70). Münster: Waxmann.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik.* Berlin: Logos Verlag.

Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften.

Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J., & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme, & R. Pekrun (Eds.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (pp. 147–179). Münster: Waxmann.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.

Tepner, O., Backes, A. & Sumfleth, E. (unveröffentlicht). Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen von Chemielehrkräften.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69.

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. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.

Marvin Krüger
Friederike Korneck
Lars Oettinghaus
Mareike Kunter

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Bewertung von Unterrichtsqualität
Schulart- und lehrkraftspezifische Unterschiede

In diesem Beitrag sollen die folgenden Fragestellungen beantwortet werden: Welchen Effekt hat die Gruppe der Lehrkräfte (Haupt- und Realschullehramtsstudierende, Gymnasiallehramtsstudierende, Gymnasialreferendare) auf die Unterrichtsqualität? Welchen Effekt hat die Schulform der Schüler (Gymnasium, Gesamtschule) auf die Unterrichtsqualität?

Theoretischer Hintergrund
Unterrichtliche Prozesse sowie deren Tiefenstrukturen werden weder alleine durch die Lehrkraft noch alleine durch die Schüler gestaltet. Die Einflüsse beider Gruppen sind grundsätzlich konfundiert und lassen sich nicht ohne Weiteres trennen. Bei der Untersuchung des Einflusses der Schulart der Schüler bzw. der Lehrkraft auf die Qualität des Unterrichts muss daher berücksichtigt werden, dass Lehrkräfte schulartspezifisch ausgebildet und eingesetzt werden. Während dieser Umstand in den bisherigen Untersuchungen zum Einfluss der Schulform auf die Unterrichtsqualität (z. B. Kunter et al., 2011) nicht berücksichtigt werden kann, ermöglicht das spezielle Setting der Studie Φactio durch die zufällige Zuordnung angehender Lehrkräfte unterschiedlicher Studiengänge zu den verschiedenen Schulformen, diese Effekte einzeln zu untersuchen.

Design
Die Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte wird in 12- bis 15-minütigen komplexitätsreduzierten Unterrichtsminiaturen, welche in einer studiengang- und phasenübergreifenden Lehrveranstaltung entwickelt werden und in deren Mittelpunkt jeweils ein einzelnes physikalisches Freihandexperiment steht, erhoben. Das Lehr- und Erhebungsdesign wird in Korneck, Oettinghaus & Kunter (in Arbeit) ausführlicher beschrieben. Die Erhebung erfolgt mit Hilfe eines Fragebogens, in dem sowohl die unterrichteten Schüler als auch die hospitierenden Peers ihre Einschätzungen abgeben. Die Teilnehmer (Haupt- und Realschullehramtsstudierende, Gymnasiallehramtsstudierende, Gymnasialreferendare) werden randomisiert zu den verschiedenen Schulformen (Gymnasium, Gesamtschule) zugeteilt.

Instrument
Die Erfassung der Unterrichtsqualität erfolgt mit Hilfe vierstufig Likert-skalierter Fragebögen, deren Items von der COACTIV-Studie (Baumert et al., 2009) stammen. Durch eine entsprechende Adaption an das Setting ist ein Fragebogen mit insgesamt 22 Items entstanden, von denen aufgrund der kurzen Erhebungszeit von lediglich zwei Minuten in zwei unterschiedlichen Testheften jeweils 18 Items verwendet werden. 14 Items sind als Ankeritems geführt, die anderen acht rotieren. Das Instrument basiert auf der Einteilung in die drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität: Kognitive Aktivierung, Klassenführung und konstruktive Unterstützung. Jede Skala ist mit sieben bis acht Items sowie drei Subskalen vertreten. Gegenüber dem Instrument aus der COACTIV-Studie wurde dabei aufgrund des speziellen Settings auf die soziale Komponente der konstruktiven Unterstützung verzichtet.

Stichprobe
Die Stichprobe umfasst aktuell 172 Unterrichtsminiaturen, die von insgesamt 86 Lehrkräften (zwei pro Lehrkraft) gestaltet wurden. Es handelt sich um eine Vollerhebung der Physiklehr-

amtsstudierenden am Studienort Frankfurt a. M. seit Wintersemester 2012/13. Jede Sequenz wird von durchschnittlich zehn Peers sowie den durchschnittlich zwölf Schülern einer Klassenhälfte bewertet. Daraus resultiert eine Gesamtzahl von 1719 Peer- und 2060 Schülerfragebögen, die an insgesamt 15 Unterrichtstagen bzw. in 15 Klassen aus 5 Schulen erfasst wurden. Bei den Schulen handelt es sich um Gymnasien (3) oder Gesamtschulen (2). In diesem Beitrag werden exemplarisch Ergebnisse, die auf den Unterrichtsbewertungen der hospitierenden Peers basieren, vorgestellt und diskutiert.

Auswertung

Aufgrund der geschachtelten Datenstruktur (jede Lehrkraft/Sequenz wird von etwa 10/20 Peers und 12/24 Schülern bewertet), werden zur Auswertung Mehrebenenstrukturgleichungsmodelle in M*plus* (Muthén & Muthén, 2010) verwendet. Für alle drei Basisdimensionen wurde ein eigenes Modell geschätzt, in dem jeweils sowohl auf der Rating- als auch auf der Lehrerebene drei Indikatoren den latenten Faktor der entsprechenden Dimension bilden. Als Indikatoren wurden auf beiden Ebenen entsprechende WLE-Schätzer verwendet, die mit Hilfe von ConQuest (Wu et al., 2007) einem jeweils dreidimensionalen Partial Credit Model entnommen wurden. Anschließend wurden die entsprechenden Regressoren auf Lehrerebene eingeführt. Die resultierenden Modelle zeigen entsprechend allgemeiner Cut-off-Kriterien angemessene Modellfits (Geiser, 2011). Die Intraklassenkorrelationen, die in Mehrebenenalysen als Maß der Reliabilität verwendet werden können, zeigen mit ICC(2) = .70 bis .83 außerdem an, dass die Einschätzungen der Peers reliabel sind (Lüdtke et al., 2006; Wagner, 2011).

Ergebnisse

Bezüglich des Einflusses der Probandengruppe der Lehrkräfte lassen sich die folgenden Effekte identifizieren (siehe Abb. 1):

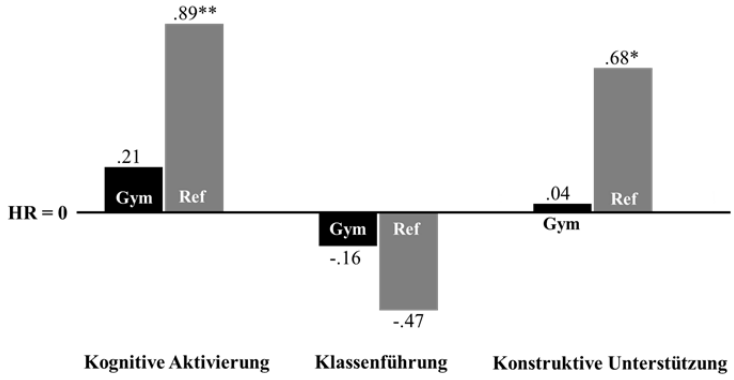


*Abb. 1: Einfluss der Probandengruppe der Lehrkräfte auf die Unterrichtsqualität, teilweise standardisierte Regressionskoeffizienten, **p<.01, *p<.05 (zweiseitig), kleine Effekte > .20, mittlere Effekte > .50, große Effekte > .75*

Die Referendare (Ref.) zeigen gegenüber der Referenzgruppe der Haupt- und Realschullehramtsstudierenden (HR-Stud.) einen signifikanten großen Effekt auf die kognitive Aktivierung. Die Gymnasiallehramtsstudierenden (Gym-Stud.) zeigen lediglich einen kleinen Effekt, der nicht abgesichert werden kann. Der im Bereich der Klassenführung gefundene kleine negative Effekt der Ref. kann ebenfalls nicht abgesichert werden. Die Effekte der Gym.-Stud. gegenüber den HR-Stud. in Klassenführung und konstruktiver Unterstützung sind nicht substanziell. Im Bereich der konstruktiven Unterstützung kann jedoch ein mittlerer Effekt der Ref. gegenüber den HR-Stud. abgesichert werden. Ebenso lassen sich die Effekte der Ref. in der kognitiven Aktivierung wie auch in der konstruktiven Unterstützung

auch gegenüber den Gym-Stud. absichern, sie liegen beide im mittleren Bereich. Bezüglich des Einflusses der Schulform der Schüler lassen sich die folgenden Effekte identifizieren (siehe Abb. 2):

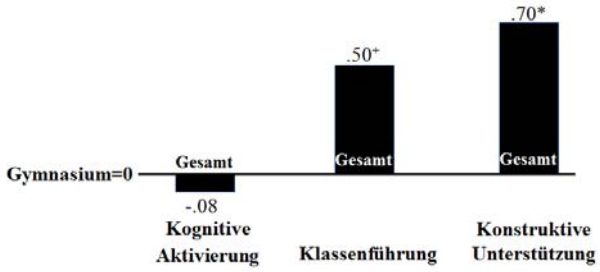


*Abb. 2: Einfluss der Schulform der Schüler auf die Unterrichtsqualität, teilweise standardisierte Regressionskoeffizienten, *p<.05, +p<.10 (zweiseitig), kleine Effekte > .20, mittlere Effekte > .50, große Effekte > .75*

Im Bereich der kognitiven Aktivierung ist kein substanzieller Effekt zu finden, der anfänglich mittlere Effekt im Bereich der Klassenführung zugunsten der Gesamtschule lässt sich nur trendweise absichern. Signifikant ist lediglich der mittlere Effekt in der konstruktiven Unterstützung, die in der Gesamtschule entsprechend ausgeprägter zu sein scheint.

Diskussion und Ausblick

Durch das spezielle Setting von Φactio konnten die Einflüsse von Lehrkräften sowie Schülern getrennt und jeweils erfolgreich untersucht werden. Der Einfluss der Gruppe der Lehrkraft hat sich als dominant gegenüber dem Einfluss der Schulform der Schüler herausgestellt. Ersterer konnte im mittleren bis großen Effektbereich sowohl für die kognitive Aktivierung als auch für die konstruktive Unterstützung gefunden werden, für die Schulform konnte lediglich ein mittlerer Effekt in der konstruktiven Unterstützung nachgewiesen werden. Im Bereich der Klassenführung, die durch den Rahmen der Unterrichtsminiaturen sehr starr vorgegeben ist, konnte erwartungskonform kein Effekt abgesichert werden.Die Frage danach, welche Effekte gefunden werden können, wenn noch unterschiedlichere Schulformen wie Haupt- und Realschule untersucht werden, steht aus.

Literatur

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 83). Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Geiser, C. (2010). Datenanalyse mit Mplus. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

Korneck, F., Oettinghaus, L. & Kunter, M. (in Arbeit). Φactio: Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Unterrichtssequenzen. In Rauin, U., Herrle, M., Engartner, T., Videoanalysen in der Unterrichtsforschung Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele. Weinheim: Beltz.

Kunter, M., Baumert, J., Blum,W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

Lüdtke, O., Trautwein, U., Kunter, M. & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten. Ansätze zur Bestimmung der Reliabilität und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20(1/2), 85–96.

Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). Mplus user's guide. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

Wagner, W. (2008). Methodenprobleme bei der Analyse der Unterrichtswahrnehmung und -wirksamkeit - am Beispiel der Studie DESI (Deutsch Englisch Schülerleistungen International) der Kultusministerkonferenz. Dissertation. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, Fachbereich Psychologie.

Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., Haldane, S. A. (2007). Acer ConQuest Version 2.0: generealised item response modelling software. Melbourne: ACER Press.

Viktoria Rath Universität Paderborn
Peter Reinhold

Modellierung diagnostischer Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden

Fragestellung und Zielsetzung

Im Projekt soll die fachspezifische diagnostische Kompetenz, wie sie beim Beobachten und Analysieren von Präkonzepten bei Gruppenkommunikationen im Physikunterricht bedeutsam ist, modelliert und operationalisiert werden. Vor dem Hintergrund der bisherigen Forschungsergebnisse zur diagnostischen Kompetenz fehlt insbesondere für die diagnostische Kompetenz von Präkonzepten sowohl ein Modell als auch eine Operationalisierung guter Diagnoseleistung. Ausgehend von dieser Problematik wurde in diesem Projekt ein Modell der kognitiven Wissensstrukturen von diagnostischer Kompetenz, die Lehramtsstudierende an der Universität erwerben können, entwickelt und Merkmale einer guten Diagnose erarbeitet. Auf dieser Grundlage soll ein videobasiertes und interviewleitfadengestütztes, handlungsnahes Testinstrument entwickelt werden, mit dem die diagnostische Performanz erhoben werden soll. Von dieser qualitativ erhobenen diagnostischen Performanz soll auf die dahinter liegenden situationsspezifische, beobachtungsbezogene, diagnostischen Kompetenz geschlossen und folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie (Prozess) und wie gut (Qualität) diagnostizieren Lehramtsstudierende die hinter Schüleräußerungen liegende Präkonzepte?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der diagnostischen Kompetenz und den Wissensbereichen fachdidaktischen Wissen, Fachwissen und pädagogischen Wissen?

Theoretischer Hintergrund und Modellierung

Wie bereits in dem vorherigen Tagungsband ausführlich dargestellt (vgl. Rath & Reinhold, 2013) existieren für die Domäne Physik nur wenige Ansätze zur diagnostischen Kompetenz (Cappell, 2013; Draude, 2013). Infolgedessen wurden für die Modellentwicklung auch angrenzende Domänen (COAKTIV; Karst, 2012) sowie fachübergreifende Ansätze (Helmke, 2009; Schrader, 1989 & 2008; Abs, 2007) analysiert. Weitere Anhaltpunkte lieferten Modellierungen zu den Wissensbereichen fachdidaktisches Wissen, pädagogischen Wissen und Fachwissen wie beispielsweise Shulmann (1987), Bromme (1997), Baumert & Kunter (2006), Riese (2009), Blömeke et al. (2011), Gramzow et al. (2013). Aus den theoretischen Überlegungen lässt sich vermuten, dass für die situationsspezifische diagnostische Kompetenz Wissensfacetten aus allen drei Wissensbereiche des Professionswissens als kognitiver Bestanteil notwendig sind: Facetten des Fachwissens werden (Schulwissen, vertieftes Wissen) benötigt, um die Richtigkeit der Schüleräußerungen beurteilen zu können. Zur genaueren Einschätzung der Äußerungen sind Facetten fachdidaktischen Wissens erforderlich (Wissen über Schülervorstellungen, fachdidak-

Abbildung 1: Modellierung kognitiver Wissensbestandteile der diagnostischen Kompetenz

tische Konzepte). Um das eigene Diagnoseurteil und den –prozess zu reflektieren und einzuordnen, wird Wissen über Diagnosemethoden und Beurteilung aus dem pädagogischen Wissensbereich gebraucht.
Das Modell wird empirisch überprüft, indem die Wissensfacetten der drei Wissensbereiche sowie die diagnostische Performanz erhoben werden. Um auf die diagnostische Kompetenz zu schließen, wird anhand der gezeigten Handlungen das dahinter liegende Wissen (Wissen III im Sinne nach Neuweg, 2011) rekonstruiert. Für die Erfassung und Bewertung der diagnostischen Performanz wurden Qualitätsmerkmale einer guten Diagnose - bezogen auf die obigen geschilderten Situationen - in mehreren Schritten entwickelt. Im ersten Schritt wurden grundlegende Überlegungen aus der Pädagogik (Abs, 2007; Helmke et al., 2004), der pädagogischen Psychologie (Ophuysen, 2010; Bruder et al., 2010) und verschiedenen Fachdidaktiken (Cappell, 2013; Karst, 2012; Kunter et al., 2011) gesichtet. Ebenfalls wurden normative Setzungen zur Lehrerbildung (KMK, 2004; Oser, 1997) mit hinzugezogen. Im zweiten Schritt wurden die erfassten Aspekte guter Diagnostik auf die vorliegende Situation (Beobachten und Analysieren von Präkonzepten in Gruppenkommunikatio-en im Physikunterricht) bezogen, konkretisiert bzw. gestrichen. Im letzten Schritt wurden Indikatoren entwickelt, zu Indikatorengruppen zusammengefasst und diese wiederum zu vier übergeordneten Merkmalen einer guten Diagnose zugeordnet (siehe Abb. 2).

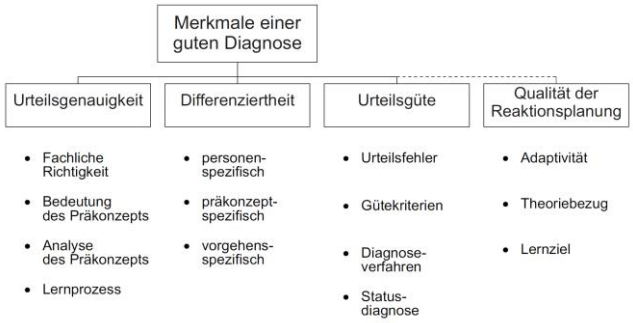


Abbildung 2: Merkmale und deren Indikatorengruppen einer guten Diagnose

Testinstrument

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Testinstruments zur Erhebung der diagnostischen Performanz stellen videographierte Gruppendiskussionen von drei bis vier Lernenden beim Lösen von Physikaufgaben aus dem Bereich der Mechanik dar. Hieraus wurden in mehreren Schritten Videosequenzen anhand der folgenden Kriterien `Kommunikationsstruktur´, `fachliche Komplexität´ und `Analysekomplexität der Präkonzepte´ ausgewählt. Bei der Erhebung der diagnostischen Performanz sollen diese ausgewählten Videosequenzen den Probanden gezeigt und am Anschluss jeder einzelnen Sequenz ein Interview geführt werden. Bei diesem soll nach den diagnostizierten Präkonzepten, einer möglichen Anschlusshandlung und dem Diagnoseprozess gefragt werden. Das Testinstrument besteht daher ausgehend von diesen Videosequenzen aus einem Leitfaden gestütztem Interview und einen Kriterienkatalog, der auf den Merkmalen einer guten Diagnose basiert.

Ausblick

Im nächsten Arbeitsschritt werden die ausgewählten Videosequenzen zur inhaltlichen Validierung Experten vorgelegt. Zudem steht die Pilotierung des Interviewleitfadens noch aus. Des Weiteren werden Testinstrumente für die Erhebung des fachdidaktischen Wissens, Fachwissens und pädagogischen Wissens adaptiert und angepasst.

Literatur

Abs (2007): Überlegungen zur Modellierung diagnostischer Kompetenz bei Lehrerinnen und Lehrern. In: Lüders; Wissinger (Hrsg.):Forschung zur Lehrerbildung. Münster: Waxmann. S. 63-84.

Baumert; Kunter (2011): Das Kompetenzmodell von COACTIV. In: Kunter et al. (2011): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann. S. 29-53.

Blömeke, Bremerich-Vos, Haudeck, Kaiser, Lehmann, Nold, Schwippert, Willenberg (Hrsg.) (2011), Kompetenzen von Lehramtsstudierenden in gering strukturierten Domänen – Erste Ergebnisse aus TEDS-LT. Münster: Waxmann.

Bromme (1997): Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In: Weinert (Hrsg.): Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie (Vol. 3). Göttingen: Hogrefe. S. 177-212.

Bruder; Klug; Hertel; Schmitz (2010): Messung, Modellierung und Förderung der Beratungskompetenz und Diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften. In: von Beck; Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.): Lehrerprofessionalität - Was wir wissen und was wir wissen müssen (Lehrerbildung auf dem Prüfstand, Sonderheft). Verlag Empirische Pädagogik S. 173-193.

Cappell (2013): Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase. Berlin: Logos-Verlag.

Draude, Wodzinski (2013): Diagnosekompetenz von Lehrkräften beim computergestützten Experimentieren. In: Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 251 - 253). Kiel: IPN.

Gramzow, Riese, Reinhold, (2013): Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften), 19, S. 7-30

Helmke, Hosenfeld, Schrader (2004): Vergleichsarbeiten als Instrument zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften. In: Arnold; Griese (Hrsg.): Schulleitung und Schulentwicklung. Voraussetzungen, Bedingungen, Erfahrungen. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren. S. 119-144.

Helmke (2009): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Kallmeyer in Verbindung mit Klett, Seelze-Velber.

Karst (2012): Kompetenzmodellierung des diagnostischen Urteils von Grundschullehrern. Münster: Waxmann.

KMK (2004): Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

Kunter et al. (2011): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

Neuweg (2011): Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellung, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In: Terhart (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster, München, Berlin: Waxmann. S. 451-477.

Ophuysen (2010): Professionelle pädagogisch-diagnostische Kompetenz - eine theoretische und empirische Annäherung. In: Rolff (Hrsg.): Jahrbuch der Schulentwicklung. Daten, Beispiele und Perspektiven. Weinheim: Beltz. S. 203-234.

Oser (1997): Standards in der Lehrerbildung. Teil 1: Berufliche Kompetenzen, die hohen Qualitätsmerkmalen entsprechen. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 15 (1). S. 26-37. Verfügbar unter: http://www.bzl-online.ch/archiv/heft/1997/1/26 [Stand: 23.05.2014]

Rath, Reinhold (2013): Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Münster: Lit.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.

Schrader (1989): Diagnostische Kompetenzen von Lehrern und ihre Bedeutung für die Gestaltung und Effektivität des Unterrichts. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Schrader (2008): Diagnoseleistung und diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Teacher Judgment an Diagnostic Competencies. In: Schneider et al. (Hrsg.): Handbuch der pädagogischen Psychologie. Band 10. Hogrefe Verlag. S. 168-177.

Shulman (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. Harvard Education Review, 57, 1-22.

Cornelia Sunder WWU Münster
Maria Todorova
Kornelia Möller

Die professionelle Wahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden fördern

Professionelle Unterrichtswahrnehmung

Als professionelle Unterrichtswahrnehmung wird die Fähigkeit bezeichnet, lernrelevante Ereignisse im Unterricht wahrzunehmen. Diese Fähigkeit umfasst die Prozesse „Erkennen" und „theoriegeleitetes Interpretieren" (Sherin, 2007). Sie gilt als wichtiger Bestandteil der Lehrerexpertise und als zentral für das Handeln im Unterricht sowie für die Unterrichtsreflexion (Seidel & Prenzel, 2007; Sherin & van Es, 2002). Die professionelle Unterrichtswahrnehmung weist zum einen positive Zusammenhänge zum Lernen der Schüler auf (Kersting et al., 2012, Roth et al., 2011), zum anderen finden sich positive Zusammenhänge zwischen effektivem Handeln der Lehrkraft in Schüler-Lehrer-Interaktionen und der Fähigkeit der Lehrkraft, ebensolche Situationen in Unterrichtsvideos wahrzunehmen (Hamre et al., 2012).

Konzeptuell kann die professionelle Wahrnehmung als ein wissensbasierter Prozess aufgefasst werden (Stürmer, Könings & Seidel, 2013), in dem theoretisches Wissen unmittelbar in der Situation angewendet werden muss. Je nach Analysefokus richtet sich dieser Prozess auf verschiedene Dimensionen des Unterrichts; dabei kann zwischen einem allgemeinpädagogischen Fokus und einem bereichsspezifischen Fokus der Wahrnehmung differenziert werden (Blomberg, Stürmer & Seidel, 2011).

Zur Förderung der professionellen Wahrnehmung werden in der Lehreraus- und -weiterbildung häufig Videos eingesetzt (Blomberg et al., 2013); in aktuellen Studien konnte die Wirksamkeit dieser Förderung bereits nachgewiesen werden, sowohl im allgemeinpädagogischen Bereich (z. B. Gold, Förster & Holodynski, 2013) als auch in bereichsspezifischen Bereichen (z. B. in der Mathematik: Santagata & Guarino, 2011). Zudem schätzen Studierende den Einsatz von Videos bei der Unterrichtsanalyse als sehr positiv ein: Analysen auf Basis von Videos sind aus ihrer Sicht nützlicher und präziser als Analysen, die rein auf Erinnerungen basieren (Rosaen et al., 2008).

Das Projekt „ViU: Early Science" – Eine Interventionsstudie zur Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung

Der Nutzen von Videos zur Förderung der professionellen Wahrnehmung wurde bisher im Bereich des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts nicht kontrolliert untersucht. Dies ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

Im Projekt „ViU: Early Science" wird aus fachdidaktischer Sicht die Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht betrachtet. Unter Lernunterstützung werden Maßnahmen der Lehrperson verstanden, mit denen die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler angeregt und gefördert werden. Dazu gehören sowohl Maßnahmen der inhaltlichen Strukturierung als auch Maßnahmen der kognitiven Aktivierung. Konkret wird untersucht, ob die professionelle Wahrnehmung bezüglich der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht durch praxisbezogene Lehr-Lern-Umgebungen bereits im Bachelor-Studium gefördert werden kann und ob der Einsatz von Videos einen Mehrwert erbringt.

Methode
Es wurden zwei Interventionen zur Förderung der professionellen Wahrnehmung entwickelt: Ein Seminar, in dem fallbezogene Unterrichtsanalysen mit Textvignetten durchgeführt wurden ($EG_{ohne\ Video}$), wurde dabei mit einem Seminar verglichen, in dem Unterricht zusätzlich zu den Textvignetten auf Basis von Videos analysiert wurde (EG_{Video}). Zudem wurde die $EG_{ohne\ Video}$ mit einer Kontrollgruppe verglichen, die keine Intervention erhielt. Im Rahmen beider Interventionsseminare lernten die Studierenden dieselben theoretischen Inhalte zu lernunterstützenden Maßnahmen kennen und analysierten den Einsatz dieser Maßnahmen an Unterrichtsbeispielen zum Thema „Schwimmen und Sinken". Zunächst bezog sich die Analyse auf den Unterricht von fremden Lehrpersonen im Hinblick auf den Einsatz lernunterstützender Maßnahmen. Anschließend führten die Studierenden selbst Unterricht zum Thema „Schwimmen und Sinken" durch, den sie ebenfalls theoriebasiert analysierten. Die beiden Interventionsseminare unterschieden sich also ausschließlich im Medium, auf dessen Grundlage Unterricht analysiert wurde.

Um die Veränderung der professionellen Wahrnehmung bezüglich Lernunterstützung zu messen, wurde im Prä-Post-Design ein standardisierter Videotest (Meschede, 2014; Wolters, 2014) eingesetzt. Die Videos im Test beinhalten Szenen zu den Unterrichtsthemen „Schwimmen und Sinken" und „Aggregatzustände". Zusätzlich wurden die Studierenden beider Interventionsgruppen nach dem Seminar mit einem Fragebogen zu ihren motivationalen Orientierungen in Bezug auf das Erkennen bzw. Einsetzen lernunterstützender Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht und in Bezug auf ihre Seminarbewertung befragt.

Ergebnisse
Die Ergebnisse zeigen, dass es keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen im Lernzuwachs bezüglich der professionellen Wahrnehmung von lernunterstützenden Maßnahmen insgesamt gibt. Unterschiede zeigen sich jedoch bei Betrachtung des Lernzuwachses der professionellen Wahrnehmung im behandelten Thema „Schwimmen und Sinken": Die EG_{Video} unterscheidet sich hier positiv von der $EG_{ohne\ Video}$, während sich die $EG_{ohne\ Video}$ in diesem Bereich nicht von der Kontrollgruppe unterscheidet. Beim nicht behandelten Thema „Aggregatzustände" zeigen sich dagegen keine Gruppenunterschiede im Lernzuwachs.

Die Ergebnisse des Fragebogens weisen darauf hin, dass es keine Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen bezüglich der Motivation zur Bearbeitung der Videoanalysen, der Selbstwirksamkeitserwartung hinsichtlich des Erkennens und Einsetzens lernunterstützender Maßnahmen, der empfundenen Kompetenzeinschätzung und -verbesserung und in der Seminarbewertung gibt. Allerdings gab die $EG_{ohne\ Video}$ an, dass sie ihren eigenen Unterricht lieber auf Basis von Videos analysiert hätte; auch benotete sie das Seminar insgesamt schlechter.

Diskussion und Ausblick
Insgesamt kann gefolgert werden, dass der Einsatz von Videos sinnvoll erscheint, um die professionelle Wahrnehmung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht bezüglich Lernunterstützung zu fördern. Nur die EG_{Video} konnte ihre professionelle Wahrnehmung in dem im Seminar behandelten Themenbereich „Schwimmen und Sinken" verbessern. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Verbesserung dieser Gruppe nur marginal mit einer unterschiedlichen Einschätzung der Studierenden (gewünschtes Analysemedium und gegebene Seminarnote) bezüglich der Seminarform mit bzw. ohne Video einhergeht. Es wäre daher anzunehmen, dass die Unterschiede in der professionellen Wahrnehmung zwischen den Interventionsgruppen nicht auf durch die Seminarform hervorgerufene Unterschiede in der Seminareinschätzung und -bewertung zurückzuführen sind. Daher

scheint es sinnvoll, videobasierte Seminare zur Förderung einer professionellen Wahrnehmung auch in zukünftiger Lehrerausbildung einzusetzen.

Zugleich legen die Ergebnisse nahe, dass die professionelle Wahrnehmung lernunterstützender Maßnahmen möglicherweise eine hohe themenbezogene Bereichsspezifität aufweist. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage, ob die Verbesserung der professionellen Wahrnehmung beim Thema „Schwimmen und Sinken“ mit dem Fachwissen und fachdidaktischen Wissen zu diesem Thema einhergeht bzw. inwiefern dieses Wissen gar eine Voraussetzung für eine professionelle Wahrnehmung darstellt. Sollte das Verfügen über Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sich als eine notwendige Bedingung für die professionelle Wahrnehmung bezüglich Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht herausstellen, könnte dies Konsequenzen für die zukünftige Lehrerausbildung haben: Es würde bedeuten, dass das exemplarische Behandeln einzelner Unterrichtsthemen im Studium nicht ausreicht und den Studierenden in ihrer Ausbildung daher möglichst fachspezifisches Wissen in vielen verschiedenen Themen vermittelt werden sollte. Diese Frage soll in Folgeuntersuchungen genauer überprüft werden.

Literatur

Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M., Borko, H., Seidel,T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. Journal for educational research online, 5 (1), 90-114.

Blomberg, G., Stürmer, K., & Seidel, T. (2011). How pre-service teachers observe teaching on video: Effects of viewers' teaching subjects and the subject of the video. Teaching and Teacher Education, 27(7), 1131-1140.

Gold, B., Förster, S., & Holodynski, M. (2013). Evaluation eines videobasierten Trainingsseminars zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Klassenführung im Grundschulunterricht. Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie, 27(3), 141-155.

Hamre, B., Pianta, R., Burchinal, M., Field, S., LoCasale-Crouch, J., Downer, J., Scott-Little, C. (2012). A course on effective teacher-child interactions: Effects on teacher beliefs, knowledge, and observed practice. American Educational Research Journal, 49(1), 88-123.

Kersting, N., Givvin, K., Thompson, B., Santagata, R., & Stigler, J. W. (2012). Measuring usable knowledge: Teachers’ analyses of mathematics classroom videos predict teaching quality and student learning. American Educational Research Journal, 49(3), 568-589.

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 163

Rosaen, C., Lundeberg, M., Cooper, M., Fritzen, A., & Terpstra, M. (2008). Noticing noticing: How does investigation of video records change how teachers reflect on their experiences? Journal of Teacher Education, 59(4), 347-360.

Roth, K., Garnier, H., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K., & Wickler, N. I. Z. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher an student learning. Journal of Research in Science Teaching, 48(2), 117-148.

Santagata, R., & Guarino, J. (2011). Using video to teach future teachers to learn from teaching. Mathematics Education, 43, 133-145.

Seidel, T. & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen - Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen bei Lehrpersonen mit Hilfe von Videosequenzen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft, 8, 201-216.

Sherin, M. & van Es, E. (2002). Learning to notice as a focus for professional development. Classroom Leadership, 5 (9), 1-6.

Sherin, M. (2007). The development of teachers´ professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), Video research in the learning sciences (pp. 383-395). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Stürmer, K., Könings, K., & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. British Journal of Educational Psychology, 83, 467-483.

Wolters, M. (2014). Wie kompetent sind (angehende) Lehrkräfte in der professionellen Wahrnehmung kognitiv anregender Situationen im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht? Münster: Inaugural-Dissertation.

Eva Cauet[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Hans E. Fischer[1]

Testen wir relevantes Wissen? -Professionswissen von Physiklehrkräften-

Zielsetzung und Ausgangspunkt

Das Professionswissen von Lehrkräften wird seit langem als wichtige Voraussetzung für effektives Unterrichten diskutiert (Abell, 2007). Motiviert durch die COACTIV Studie, die zeigen konnte, dass das fachspezifische Professionswissen von Mathematiklehrkräften über das kognitive Aktivierungspotenzial von im Unterricht eingesetzten Aufgaben auf Schülerleistung wirkt (Baumert et al., 2010), wurden in den vergangenen Jahren mehrere Tests zur Erhebung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften entwickelt (z.B. Riese, 2009; Kulgemeyer et al., 2012). Die Validierung der Testinstrumente erfolgt meist über den Vergleich bekannter Gruppen mit zu erwartenden Fähigkeitsunterschieden oder durch Zusammenhangsanalysen zwischen den Dimensionen des Professionswissen: Fachwissen (CK), fachdidaktisches (PCK) und pädagogisches Wissen (PK). Bisher existieren nur wenige Studien, die Bezüge zu Unterrichtsqualität und Schülervariablen herstellen, um zu entscheiden, ob das erhobene Wissen relevant für effektives Unterrichten ist. Auch liefern diese Studien keine einheitlichen Ergebnisse zu dieser Fragestellung (vgl. Lange, 2010; Ohle, 2010; Fischer, Labudde, Neumann & Viiri, 2014). Diese Lücke weiter zu schließen, ist ein Ziel des Projektes „Professionswissen in den Naturwissenschaften“ (ProwiN) (Borowski et al., 2010). In der ersten Phase des Projektes wurde ein Testinstrument zur Erfassung des Professionswissens von Physiklehrkräften entwickelt und wie oben beschrieben validiert (Kirschner, 2013). Um die Relevanz des erhobenen Wissens für effektives Unterrichten zu untersuchen, wird in der zweiten Projektphase der Zusammenhang zwischen Professionswissen, Unterrichtsqualität und Schülerleistungszuwachs analysiert.

Forschungsfrage

Die hier vorgestellte Studie untersucht die Fragestellung, inwieweit Unterschiede in der Unterrichtsqualität und in den Leistungszuwächsen von Schulklassen im Rahmen einer Unterrichtseinheit über Unterschiede im CK, PCK und PK der Lehrkräfte erklärt werden können. Als Dimension von Unterrichtsqualität wird die kognitive Aktivierung im Unterricht betrachtet. Um sicherzustellen, dass es sich bei dem erhobenen Konstrukt wirklich um ein Merkmal von Unterrichtsqualität handelt, wird außerdem geprüft, ob als kognitiv aktivierend bewerteter Unterricht ein signifikanter Prädiktor für Schülerleistung ist.

Design und Methoden

Für die Untersuchung der Forschungsfrage wurden das Professionswissen von Physiklehrkräften und das Fachwissen der Lernenden in ihren Klassen vor und nach der Unterrichtseinheit Mechanik erhoben und je zwei aufeinanderfolgende Unterrichtsstunden in Mechanik videographiert (abhängig von der teilnehmenden Schule jeweils 45-90min).

Lehrer- und Schülerfähigkeiten wurden als Personenfähigkeiten im Rahmen eines Raschmodells geschätzt und mit Winsteps 3.72.3 berechnet. Aufgaben mit signifikantem Misfit (Mnsq<0.8 oder Mnsq>1.2, Zstd>2) wurden entfernt (vgl. Cauet, Liepertz, Kirschner, Borowski & Fischer, 2014). Die Angaben zur Aufgabenanzahl in der folgenden Beschreibung der Erhebungsinstrumente beziehen sich auf die Anzahl an Aufgaben ohne signifikanten Misfit.

Die Tests zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens beinhalteten offene und Multiple-Choice Aufgaben (CK: 11 Aufgaben zum Schulwissen und vertieften Schulwissen in Mechanik, $ICC_{(2,1)unjust} \geq 0.96$, Rasch Personen Rel. =.73; PCK: 11 Aufgaben zu Schülervorstellungen, Umgang mit Experimenten und Konzepten in der Mechanik, $ICC_{(2,1)unjust} \geq 0.77$, Rasch Personen Rel. =.59). Der PK-Test umfasste 45 Multiple-Choice Aufgaben zu den Facetten Klassenführung, Unterrichtsmethoden, Lernprozesse und Leistungsbeurteilung. Die fachspezifischen Professionswissenstests erfassten sowohl deklaratives als auch konditional-prozedurales Wissen, der Test zum pädagogischen Wissen lediglich deklaratives Wissen. Der Schülerleistungszuwachs wurde im Multi-Matrix-Prä-Post-Design mit einem selbstentwickelten Testinstrument aus 34 Multiple-Choice Aufgaben (zwei Testhefte mit 9 Ankeraufgaben, Rasch Personen Rel. Prä-/Post-Test =.51/.61) zum Fachwissen in Mechanik mit dem Fokus auf Kraft erhoben. Die kognitive Aktivierung wurde im Rahmen eines Overall-Ratings (Konsenskodierung mit drei Ratern, adaptiert nach Vogelsang, 2014) über die Einschätzung von drei bis sechs Handlungsindikatoren in den Subskalen Exploration des Vorwissens und der Vorstellungen (α_C=.71), Exploration der Denkweisen (α_C=.79), Evolutionärer Umgang mit Schülervorstellungen (α_C=.73), Lehrperson als Mediator (α_C=.75), Rezeptives Lernverständnis der Lehrperson (α_C=.52) und Herausfordernde Lerngelegenheiten (α_C=.76) auf einer 3-stufigen Likertskala erfasst (insg. 25 Handlungsindikatoren, α_C=.93). Als Kontrollvariablen wurden die kognitiven Fähigkeiten (KFT, Skala N2(A), Pers. Rel. 0.84, Heller & Perleth, 2000) der Lernenden, die zu Hause gesprochene Sprache und die Länge der Unterrichtseinheit (Anzahl an Stunden mal Stundenlänge) erhoben.

Stichprobe und Ergebnisse

Stichprobe: Die folgenden Analysen beziehen sich auf eine Stichprobe von 23 Gymnasiallehrkräften der Physik (34.8 % weiblich, M_{Alter}=44 Jahre, SD_{Alter}=12 Jahre) und ihre Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 8 oder 9 (N=610, 56.2 % weiblich, M_{Alter}=14 Jahre, SD_{Alter}=1 Jahr). Insgesamt sprechen 20.7 % der Lernenden zu Hause nicht oder nicht nur Deutsch. Dieser Anteil variierte in den einzelnen Klassen zwischen 0-46 %. Die Unterrichtseinheit Mechanik umfasste je nach Lehrkraft zwischen 9 und 30 Wochen. Die Videoanalysen beziehen sich auf die erste der zwei gefilmten Unterrichtsstunden pro Lehrkraft.

Ergebnisse: Die Schülerinnen und Schüler lernten im Laufe der Unterrichtseinheit Mechanik signifikant dazu (t(610)= 10.50, p<.001, d=.43). Auf Klassenebene wird der Leistungszuwachs für 9 Klassen nicht signifikant, was auf deutliche Unterschiede zwischen den Klassen hindeutet. Berechnet man die Intraklassenkorrelation, zeigt sich, dass mehr als 10 % der Gesamtvarianz im Post-Test zwischen den Klassen liegt ($ICC_{(1,1)}$=.104). Die Auswertung der Daten erfolgt daher im Rahmen von Mehrebenenmodellen zur Erklärung der Post-Test Varianz. Das einfachste Modell beinhaltet auf Schülerebene den Prä-Test, die kognitiven Fähigkeiten der Lernenden, die zu Hause gesprochenen Sprache (R^2=.31, p<.001) und auf Klassenebene die Länge der Unterrichtseinheit (R^2=.63, p<.001). Die kognitive Aktivierung klärt zusätzlich 15 % der Post-Test Varianz auf Klassenebene auf ($\beta_{Stand.}$=.40, p<.05) und kann damit erwartungsgemäß als Dimension der Unterrichtsqualität betrachtet werden. Hingegen tragen weder CK, PCK noch PK signifikant zur Aufklärung der Varianz im Post-Test bei ($\beta_{Stand.,CK}$=.14, p=.474, $\beta_{Stand.,PCK}$=-.19, p=.183, $\beta_{Stand.,PK}$=.23, p=.096). Während sich für CK ein Zusammenhang zur kognitiven Aktivierung zumindest andeutet (r_{CK}=.37, p=.079, signifikant bei einseitiger Testung), kann für PCK und PK kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden (r_{PCK} =.15, p=.504, r_{PK} =.25, p=.249). Für eine Stichprobe von N=23 wären signifikante Zusammenhänge allerdings auch erst für Korrelationen von r>.47 zu erwarten. Der Zusammenhang zwischen CK und kognitiver Aktivierung geht in erster Linie auf die Korrelation zur Subskala Herausfordernde Lerngelegenheiten zurück (r=.57, p<.01).

Diskussion

Für das CK der Lehrkräfte deutet sich ein Zusammenhang zur kognitiven Aktivierung im Unterricht an, der sich allerdings nicht auf den Schülerleistungszuwachs auszuwirken scheint. Der Einfluss von PK auf den Leistungszuwachs könnte in einer größeren Stichprobe signifikant werden und ist wahrscheinlich eher über andere Unterrichtsqualitätsdimensionen als die kognitive Aktivierung mediiert, wie z. B. über Klassenführung oder Individualisierung. Während die Ergebnisse für den CK und PK Test aufgrund der Stichprobengröße nicht eindeutig interpretierbar sind, deutet der in der Tendenz negative Einfluss des PCK der Lehrkräfte auf die Post-Test Leistung der Lernenden und der fehlende Zusammenhang zur kognitiven Aktivierung im Unterricht darauf hin, dass der PCK-Test das handlungsrelevante Wissen für effektives Unterrichten nicht erfasst. Dieses Ergebnis deckt sich mit Ergebnissen aus der Studie von Vogelsang (2014), die keinen Zusammenhang zwischen dem im Paderborner Professionswissenstest erhobenen PCK und verschiedenen Dimensionen der Unterrichtsqualität zeigen konnte. Beide Instrumente basieren auf in der Professionsforschung breit akzeptierten, aber normativ gesetzten Wissensfacetten. Die Ergebnisse legen nahe, die Modellierung des schriftlich abprüfbaren PCK von Physiklehrkräften zu überdenken. Darüber hinaus kann aus den Ergebnissen dieser Studie geschlussfolgert werden, dass die anfangs beschriebene herkömmliche Validierung von Testinstrumenten zur Erfassung des Professionswissens nicht auszureichen scheint, um zu behaupten, dass die Testinstrumente unterrichtsrelevantes Wissen valide messen. Daher sollte die Relevanz des gemessenen Wissens für erfolgreiches Unterrichten für jedes Testinstrument gezeigt werden.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), Handbook of Research on Science Education (S. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

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 (1), 133-180.

Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., & Leutner, D., et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN): Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 341-349.

Cauet, E., Liepertz, S., Kirschner, S., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2014). Professionswissen von Physiklehrkräften und Schülerleistung. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013 (S. 141–143). Kiel: IPN.

Fischer, H.E, Labudde, P. , Neumann, K. & Viiri, J. (Hrsg.) (2014). Quality of Instruction in Physics comparing Finland, Germany and Switzerland. Waxmann: Münster

Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe.

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 110. Berlin: Logos.

Kulgemeyer, C.; Borowski, A.; Fischer, H.; Gramzow, Y.; Reinhold, P.; Riese, J.; Schecker, H.; Tomczyszyn, E. & Walzer, M. (2012). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung eines Forschungsprojekts. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2012 in Mainz. Berlin: FU Berlin.

Lange, K. (2010). Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und –schülern. Universität Münster: Dissertation. Verfügbar unter http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:6-75459654103. [01.10.2014].

Ohle, A. (2010). Primary school teachers' content knowledge in physics and its impact on teaching and students' achievement. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 110. Berlin: Logos.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 97. Berlin: Logos.

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungs-kompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften - Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Universität Paderborn: Unveröffentlichte Dissertation

Sven Liepertz Universität Potsdam
Andreas Borowski

Einfluss von Professionswissen von Physiklehrkräften auf Sachstruktur und Schülerleistung

Theoretischer Hintergrund

Ziel von Unterricht ist, durch die Generierung von Lerngelegenheiten den Aufbau von Wissensstrukturen bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern. Das Professionswissen von Lehrkräften gilt hierfür als eine wichtige Variable und Voraussetzung (Abell, 2007). In der aktueller Literatur gibt es einen beständigen Diskurs über die Anzahl der Dimensionen und ihrer Bedeutung. Die gemeinsame Basis in der aktueller deutschsprachigen Forschung (u. a. Baumert et al., 2010) sind die drei Dimensionen (in ihrer internationalen Bezeichnung): Pedagogical Knowledge (PK), Content Knowledge (CK) und Pedagogical Content Knowledge (PCK). Im Rahmen der 1. Phase des ProwiN Projekts (Borowski et al., 2010) entwickelte Kirschner (2013) auf Grundlage eines Testmodells des Professionswissens (Tepner et al., 2012) für die Physik ein schriftliches Instrument zur Erfassung der drei obigen Dimensionen. Das PK wird zwischen konditional-prozeduralem Wissen (PK_{KW}) und deklarativem Wissen (PK_{D}) unterschieden. Die COACTIV Studie (Baumert et al., 2010) konnte in der Mathematik einen positiven Einfluss des PCK auf die Schülerleistung zeigen, mit kognitiv aktivierenden Aufgaben (Lerngelegenheiten) als Mediator. Auch andere Studien berichten von ähnlichen Zusammenhängen (u. a. Ohle, 2010), jedoch auch stets unter Kontrolle von Variablen bezüglich des Unterrichtshandelns.

Zur Entwicklung von Wissensstrukturen im Unterricht müssen neueingebrachte Inhaltsstrukturen aktiv mit bestehenden verbunden werden (Gagné, 1970, zitiert in Neumann, Fischer & Sumfleth, 2008). Das zugehörige Angebot des Unterrichts ist die dem Unterricht zugrunde liegende Sachstruktur. Genauer definiert ist die Sachstruktur als die sachliche, unter logischen und systematischen Gesichtspunkten gegliederte Struktur der fachlichen Inhalte (Brückmann & Duit, 2014). Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) wird die Sachstruktur des Unterrichts von der Lehrkraft aus ihrer Sachstruktur der Physik rekonstruiert. Der von Duit beschriebene didaktische Rekonstruktionsprozess verlangt von der Lehrkraft zum einen CK über die Sachstruktur der Physik, und zum anderen PCK über Schülervorstellungen und Vermittlung von Konzepten. Zur Abbildung der Sachstruktur entwickelte Brückmann (2009) ein mehrschrittiges Verfahren mit Hilfe von Sachstrukturdiagrammen auf Basis von videographierten Unterrichtsstunden. Die Unterrichtsstunde wird in 10 s-Intervallen zunächst inhaltlich auf Basis eines zweistufigen Kategoriensystems kodiert. Die erste Ebene A unterteilt sich in die Kategoriensysteme „Kraftbegriff“, „Neue Begriffsbildung“ und „Anwendungsbezogene Inhalte“. Zu jeder der Kategorien der genannten, oberen Kategoriensysteme folgt auf der zweiten Ebene B ein weiteres Kategoriensystem mit einer feineren, inhaltlichen Auflösung. Diese inhaltliche Kodierung dient als Entscheidungsgrundlage einer inhaltlich-instruktionsbedingten Kodierung (erneut in 10 s-Intervallen) von „Inhaltsblöcken“. Die Inhaltsblöcke werden auf ihre Vernetzung untereinander untersucht. Beides dient als Grundlage zur Erstellung des Sachstrukturdiagramms, welche die Inhaltsblöcke mit Kästen und ihre Vernetzung mit Pfeilen illustriert. Das aus den Sachstrukturdiagrammen abgeleitete Maß der Vernetztheit ist definiert durch die Gesamtzahl der Pfeile dividiert durch die Gesamtzahl der Inhaltsblöcke. In der Domäne Elektrizitätslehre zeigt die Vernetztheit einen signifikanten Einfluss auf den Lernzuwachs von Schülerinnen und Schülern (Müller & Duit, 2004).

Forschungsfragen
FF1: Welchen Einfluss hat das Professionswissen der Lehrkraft auf die Vernetztheit der im Unterricht angebotenen Sachstruktur?
Hypothese: Unterricht von Lehrkräften mit hohem CK und PCK zeigt eine größere Vernetztheit.
FF2: Welchen Einfluss hat die Vernetztheit der Sachstruktur auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler im Inhaltsbereich Mechanik?
Hypothese: Eine hohe Vernetztheit der Sachstruktur erhöht den Lernerfolg.

Design und Stichprobe
Die hier vorgestellte Teilstichprobe der 2. Phase des ProiwN-Projektes umfasst 18 (von später insgesamt 35) festangestellte Physiklehrerkräfte und ihre zugehörige Klassen der Jahrgangsstufe 8 oder 9 am Gymnasium. Das Professionswissen der Lehrkräfte wird durch einen Papier-und-Bleistift Test (Kirschner, 2013) erhoben. Der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wird im Prä-Post-Design vor und nach dem Inhaltsgebiet Mechanik mit zwei geankerten Testheften gemessen (inklusive Items aus dem FCI (Hestenes, Wells, & Schwackhamer, 1992) und TIMSS (Olson, Martin, Mullis, & Arora, 2008)). Pro Lehrkraft wird die Unterrichtsstunde (je nach Schule 45-90 min) zur Einführung des Kraft-Begriffes videographiert. Das Ergebnis des Professionswissenstests und der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler werden einer Rasch-Analyse unterzogen. Weiterhin wurde beim Lernzuwachs der Gesamtzeitraum zwischen Prä- und Post-Test und das Abschneiden der Schülerinnen und Schüler im KFT in einem effektiven Lernzuwachs berücksichtigt.

Zwischenergebnisse
Mithilfe des von Brückmann (2009) entwickelten Manuals, welches in einigen Definitionen ausgeschärft wurde, ließen sich sowohl die inhaltliche Kodierung als auch die darauf aufbauende Kodierung der Inhaltsblöcke zur Konstruktion von Sachstrukturdiagrammen reliabel durchführen. Auf der inhaltlichen Kodierung in den Kategoriensystemen zum „Kraftbegriff“ und „Neue Begriffsbildung“ wurden auf den Ebenen A und B hervorragende Reliabilitäten mit Cohens Kappa $\kappa \geq .91$ erreicht. Ausnahme bildet (auf beiden Ebenen A und B) das Kategoriensystem zum „Anwendungsbezogene Inhalte“, in dem sich kein Reliabilitätsmaß bestimmen lässt und das somit nicht reliabel aufgelöst werden kann. Auf Basis der inhaltlichen Kodierung wurde dann im Folgenden die Inhaltsblöcke kodiert und die vier betrachteten Videos zeigen zufriedenstellende Cohens Kappa Werte von $\kappa \geq .77$. Die Werte bestimmen sich aus dem Vergleich der unabhängig voneinander durchgeführten Kodierungen zweier Rater von vier Unterrichtsstunden (10 % der späteren Gesamtstichprobe, insgesamt N = 1412 10 s-Intervalle).

Tab. 1 Pearson Korrelation zwischen Vernetztheit und effektiven Lernzuwachs bzw. Facetten des Professionswissens

N = 18		effektiver Lernzuwachs	CK	PCK	PK_D	PK_{KP}
Vernetztheit	r	.43	-.03	-.11	-.24	.24
	p	.07	.89	.68	.33	.34

Von insgesamt N = 18 Sachstrukturdiagrammen wurde die Vernetztheit und der Pearsons Korrelationskoeffizient dieser zum Lernerfolg und zu den vier Facetten des Professionswissens bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zu sehen. Besonders im Bereich des Professionswissens zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge. In der Korrelation zwischen Vernetztheit und effektiven Lernzuwachs zeigt sich ein mittelstarker Korrelationskoeffizient von r = .43 mit p = .07. Dies liegt knapp über der 5 %-Grenze für

Signifikanz. Jedoch ist der p-Wert stark von Effektstärke und Stichprobengröße abhängig. Die Gesamtstichprobe dieser Studie beträgt fast das Doppelte der hier vorgestellten Teilstichprobe, sodass in der finalen Betrachtung ein signifikantes Ergebnis mit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

Diskussion

Aus der ersten Korrelationsanalyse lassen sich zwei Schlüsse ziehen. Zum einen scheint keine der Facetten des Professionswissens (CK, PCK, PK_D oder PK_{KP}) für sich betrachtet einen direkten Einfluss auf die Vernetztheit der Sachstruktur zu haben. Dies kann daran liegen, dass nicht eine Facette für sich für die angebotene Sachstruktur der Lehrkraft relevant ist, sondern erst das Wechselspiel der Facetten für den Prozess der zu Grunde liegenden Didaktischen Rekonstruktion einen Einfluss zeigt und somit nach einem elaborierten Modell verlangt. Vergleichbare Ergebnisse im Projekt Eva Cauet et al. (in diesem Band) bezüglich des Einflusses von Professionswissen auf die im Unterricht angebotene „Kognitive Aktivierung“ werfen aber auch Fragen auf, ob die eingesetzten Testinstrumente zur Erfassung der Dimensionen des Professionswissen überhaupt für das Unterrichtshandeln relevantes Wissen erfassen. Der Einfluss der angebotenen Vernetztheit der Sachstruktur auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zeigen für die hier vorgestellte Teilstichprobe erste Anhaltspunkte, dass sich Hypothese 2 in der finalen Betrachtung vielleicht bestätigen kann.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Eds.), Handbook of research on science education (Bd. 36, S. 1105–1149). Mahwah, NJ: Lawerence Erlbaum Associates.

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 (1), 133-180.

Borowski, A., Neuhaus, B.J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 341-349.

Brückmann, M. (2009). Sachstrukturen im Physikunterricht (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 94). Berlin: Logos.

Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (SpringerLink : Bücher, S. 189–201). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.

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 J. Dillon & D. Jorde (Hrsg.), The world handbook of science education. Handbook of research in Europe . Rotterdam, Boston, Taipei: SENSE.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. Phys. Teach., 30 (3), 141.

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 161). Berlin: Logos.

Müller, C. T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg – Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 147-161.

Neumann, K., Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung (S. 141–151). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.

Ohle, A. (2010). Primary school teachers' content knowledge in physics and its impact on teaching and stundents' achievement (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 110). Berlin: Logos-Verl.

Olson, J. F., Martin, M. O., Mullis, I. V. & Arora, A. (op. 2008). TIMSS 2007 technical report. Boston, MA: IEA TIMSS & PIRLS.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7-28.

Hendrik Härtig[1] [1]IPN Kiel
Claudia von Aufschnaiter[2] [2]Justus-Liebig-Universität Gießen
Christoph Gut[3] [3]PH Zürich
Susanne Metzger[3]

Symposium: Experimentelle Kompetenzen diagnostizieren und fördern

Lernende sollen in allen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern unter anderem experimentelle Kompetenzen aufbauen. Für Deutschland sehen die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in Biologie, Chemie und Physik im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung entsprechende Fähigkeiten und Fertigkeiten vor (KMK, 2005 a, b, c). Auch die Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften in der Schweiz berücksichtigen beispielsweise im Handlungsaspekt „Fragen und Untersuchen“ experimentelle Kompetenzen (EDK, 2011).

Eine Modellierung dieser Kompetenzen ist notwendig, um sie angemessen erfassen und gezielt fördern zu können (vgl. Bell et al., 2003). Aktuell werden verschiedene Modelle beschrieben, meistens als Strukturmodelle (Maiseyenka, Nawrath, & Schecker, 2013; Wellnitz et al., 2012; Schreiber, Theyßen, & Schecker, 2011), z. T. auch als Entwicklungsmodelle (Metzger et al., 2014). Die Modelle berücksichtigen mitunter sehr unterschiedliche Teilaspekte und Operationalisierungen. Beispielsweise fokussiert das zugrunde liegende Kompetenzstrukturmodell bei der Evaluation der Bildungsstandards für den Bereich Erkenntnisgewinnung ausschließlich auf kognitive Aspekte des Experimentierens; selber Experimente aufzubauen und durchzuführen wird nicht berücksichtigt (Wellnitz et al., 2012). Diese, auf den eigentlichen Prozess bezogene Kompetenzen, werden in der Kompetenzstruktur der Evaluation der Bildungsstandards zusätzlich um übergeordnete Aspekte, wie Modellbildung oder Reflexion über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen ergänzt (ebd.). Im Gegensatz dazu beziehen beispielsweise Maiseyenka, Nawrath und Schecker (2013) in ihre Kompetenzstruktur auch Fertigkeiten im Sinne der Durchführung des Experiments mit ein, verzichten aber unter anderem auf die Reflexion über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen.

Neben den Teilaspekten der Struktur unterscheidet sich auch die Erhebungsmethode mitunter. Durch die Eingrenzung auf kognitive Aspekte kann die Evaluation der Bildungsstandards ausschließlich mit Paper-Pencil Tests erfolgen. Im Gegensatz dazu beziehen sowohl Maiseyenka, Nawrath und Schecker (2013) als auch Schreiber, Theyßen und Schecker (2014) experimentbezogene Fertigkeiten explizit in die Modellierung mit ein. Gleichzeitig stellt dies die empirische Forschung vor Schwierigkeiten, weil die Erfassung mittels Realexperimenten notwendig wird. Schreiber, Theyßen und Schecker (2011) zum Beispiel verwenden zu diesem Zweck eine programmierte Experimentierumgebung am PC. Im Rahmen der Entwicklung und Validierung der Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften in der Schweiz wiederum wurden zur Erfassung der experimentellen Kompetenzen Realexperimente eingesetzt (Labudde, Metzger, & Gut, 2009). Auch in weiterführenden Projekten wie beispielsweise ExKoNawi werden ausschließlich reale Experimente eingesetzt (Gut, Hild, Metzger, & Tardent, 2014).

Sowohl in der Breite des erfassten Konstrukts (z. T. ausschließlich Experimente, z. T. auch Reflexion über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen) als auch in der Erfassungsmodalität (z. T. reine Paper-Pencil Tests, z. T. Hands-On Tests) unterscheiden sich aktuelle Arbeiten folglich. Auch wenn man innerhalb der erfassten

Konstrukte detaillierter betrachtet, wie die Arbeiten den Experimentierprozess operationalisieren, werden Unterschiede deutlich. Obwohl sich die Mehrzahl der Arbeiten an der Prozessstruktur nach Klahr und Dunbar orientieren (vgl. Emden, 2011), finden sich unterschiedliche bzw. unscharfe Operationalisierungen einzelner (Teil-)Kompetenzen. Dies erschwert einen systematischen Vergleich der verschiedenen Untersuchungen zur Struktur experimenteller Kompetenzen (u. a. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, in Vorbereitung). Zudem sind mit Blick auf die Förderung experimenteller Kompetenzen im Unterricht die Annahmen und empirischen Befundlagen zur Ausgestaltung und Wirksamkeit von Fördermaßnahmen heterogen. So zeigen Schwichow und Kollegen (2014) im Rahmen einer Meta-Analyse zur Variablenkontrollstrategie, dass es kaum eindeutige Indikatoren für eine lernwirksame Intervention zur Variablenkontrollstrategie gibt. Vielmehr erweist sich als ein starker Prädiktor für die Effektstärke die Testmodalität zur Erfassung des Interventionserfolgs im Post-Test.

Für das Symposium wurden Arbeiten ausgewählt, die unterschiedliche Zugänge zu experimentellen Kompetenzen und deren Förderung wählen, um mit den Beitragenden und dem Auditorium Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Modellierungen und daraus resultierender Effekte diskutieren zu können. P. Hild fokussiert auf die Kompetenzentwicklung. A. Vorholzer und M. Schwichow befassen sich mit Gelingensbedingungen für eine Förderung experimenteller Kompetenzen.

Das im Rahmen des Projektes ExKoNawi entstandene Kompetenzentwicklungsmodell versucht Kompetenzprogressionen der Schüler/-innen der Sekundarstufe I bei fächerübergreifenden Problemtypen zu beschreiben. Die Vorvalidierung belegt, dass auf der Basis des entwickelten Kompetenzstrukturmodells und der typenspezifischen Progressionsmodellierung Tests mit guten Fitwerten entwickelt werden können, die insbesondere auf tiefem Leistungsniveau signifikante und interpretierbare Leistungsdifferenzen messen.

In der Studie von Vorholzer werden die Lernprozesse von Schüler/innen bei der Bearbeitung von Lernaufgaben mit dem Schwerpunkt „naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten“ sowohl mit einem Pre-Post-Test-Design als auch videogestützt analysiert. Insbesondere soll dabei untersucht werden, welchen Einfluss eine explizite Adressierung der angestrebten Konzepte auf den Kompetenzaufbau hat.

Die Fähigkeit durch Experimentieren Erkenntnisse zu generieren bzw. einen Erkenntnisprozess nachzuvollziehen setzt u. a. ein Verständnis der Variablen-Kontroll-Strategie voraus. In einer experimentellen Studie vergleicht Schwichow die Lernwirksamkeit von Hands-On und Paper-Pencil Übungen. Erste Ergebnisse der Studie werden vorgestellt und unterrichtliche Implikationen abgeleitet.

Literatur

Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. Journal of Research in Science Teaching, 40(5), 487–509.

EDK (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften - Nationale Bildungsstandards. (Online zugänglich unter http://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp_nawi_d.pdf [20.September 2011]).

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I (Vol. 118). Logos Verlag Berlin GmbH.

Gut, C., Hild, P., Metzger, S. & Tardent, J. (2014). Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 171 - 173). Kiel: IPN.

Labudde, P., Metzger, S. & Gut, C. (2009). Bildungsstandards: Validierung des Schweizer Kompetenzmodells. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung (S.

308-317). Münster: LIT-Verlag.Bühner, M. (2006). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (2nd ed.). München, Don Mills: Pearson Studium.

Maiseyenka, V., Schecker, H., & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts-Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(12), 1-17.

Metzger, S., Gut, C., Hild, P. & Tardent, J. (2014): Modelling and assessing experimental competence: An interdisciplinary progress model for hands-on assessments. E-Proceedings of the ESERA 2013 conference.

Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2011). Auswertungsmethodik im Projekt „Diagnostik experimenteller Kompetenz “. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2014) Diagnostik experimenteller Kompetenz: Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen?. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1-13.

Schwichow, M. & Härtig, H. (2014). Merkmale einer effektiven Vermittlung experimentellen Strategiewissens. In S. Bernholt (Hrsg.): Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science und Fachunterricht. Kiel: IPN.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (Hrsg.) (2005 a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (Hrsg.) (2005 b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (Hrsg.) (2005 c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.

Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Kirschner, S. (in Vorbereitung). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. In Vorbereitung zur Wiedereinreichung bei der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., et al. (2012). Evaluation der Bildungsstandards–eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 8, 261-291.

Pitt Hild
Josiane Tardent
Christoph Gut
Susanne Metzger

Pädagogische Hochschule Zürich

Projekt ExKoNawi: Typenspezifische Kompetenzprogressionen bei hands-on Testaufgaben

Das im Rahmen des Projektes ExKoNawi (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften) der Pädagogischen Hochschule Zürich entstandene Kompetenzentwicklungsmodell versucht, Kompetenzprogressionen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen beim Lösen von experimentellen, fächerübergreifenden *Problemtypen* zu beschreiben. Kompetenz wird hier als die auf transferfähigem Wissen basierte Problemlösefähigkeit angesehen (Gott & Duggan, 2002). Im Folgenden werden die Kodierung der mitentwickelten *hands-on* Testaufgaben sowie die Ergebnisse aus der zweiten Pilotierung vorgestellt. Zu jedem Problemtyp wurden jeweils drei Testaufgaben entwickelt und untersucht. Die Vorvalidierung belegt, dass auf der Basis des entwickelten Strukturmodells und der typenspezifischen Progressionsmodellierung Tests mit guten Fitwerten entwickelt werden können, die signifikante Leistungsdifferenzen messen.

Motivation

Das Projekt ExKoNawi ist ein Folgeprojekt des interdisziplinären large-scale Experimentiertests HarmoS und versucht die Validitätsprobleme (lokale Itemabhängigkeiten, kompetenzirrelevante Anforderungen, Generalisierbarkeit und Interpretierbarkeit der Experimentieraufgaben) des Letzteren (Gut, 2012) in zufriedenstellender Weise zu lösen. Längerfristig soll das neu entwickelte Kompetenzentwicklungsmodell auch als Richtmodell für die Diagnose und individuelle Förderung experimenteller Kompetenzen im schweizer Naturwissenschaftsunterricht der Sekundarstufe I dienen (Hild et al., 2014).

Problemlöseansatz

Aufgrund des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schweizer Volksschule wird für die Messung experimenteller Kompetenzen ein Modell benötigt, das biologische, chemische und physikalische Aspekte des Experimentierens berücksichtigt. Im Zusammenhang mit Experimentiertests werden zurzeit drei unterschiedliche Ansätze diskutiert: 1) Im *Teilprozessansatz* wird das Experimentieren als Zusammenspiel unterscheidbarer, idealisierter Teilprozesse wie Fragestellung, Hypothesenformulierung, Planung und Durchführung des Experiments, Auswertung der Daten und Reflexion verstanden (vgl. Emden, 2012; Nawrath et al. 2011). 2) Der *Arbeitsweisenansatz* der Biologiedidaktik beruht auf der hypothetisch-deduktiven Erkenntnislogik unterschiedlicher Untersuchungsmethoden wie z. B. Beobachten, Vergleichen, Ordnen oder Experimentieren (vgl. Mayer, 2007; Wellnitz, 2012). Auch hier lassen sich, über alle Untersuchungsmethoden hinweg, gemeinsame Teilprozesse erfassen. 3) Im Gegensatz zu den ersten beiden wird beim *Problemlöseansatz* (vgl. Shavelson & Ruiz-Primo, 1998) das Experimentieren je nach Problemtyp unterschiedlich modelliert. Da die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bei *hands-on* assessments stark von der experimentellen Aufgabenstellung abhängen (Shavelson et al., 1993), erhofft man sich von diesem Ansatz, das Problem der lokalen Itemabhängigkeiten und der fehlenden Generalisierbarkeit besser in den Griff zu bekommen.

Zweiter Pilottest

Zum Kompetenzentwicklungsmodell von ExKoNawi wurden bis dato folgende vier Problemtypen definiert und analysiert: *kategoriengeleitetes Beobachten*, *skalenbasiertes Messen*, *fragengeleitetes Untersuchen* und *effektbasiertes Vergleichen* (Gut, Hild et al., 2014). Bei jedem Problemtyp wird zwischen mehreren Qualitätsstandards unterschieden die *a priori* aus Theorie und Erfahrung festgelegt (Gut, Metzger et al., 2014) und *a posteriori* mittels Rasch-Skalierung (partial credit model) und einem Vergleich zwischen einer bedingten und unbedingten Kodierung (Metzger et al., 2014) überprüft wurden.

Für die beiden Problemtypen *effektbasiertes Vergleichen* und *fragengeleitetes Untersuchen* (Pilottest 2) konnten jeweils vier Qualitätsstandards (*QS*) kodiert und bei einer Stichprobe von 330 Schülerinnen und Schüler des Sekundarstufe I ermittelt werden (siehe Tab. 1 und Tab. 2).

Tab.1: Struktur- und Progressionsmodellierung vom Problemtyp Effektbasiertes Vergleichen

effektbasiertes Vergleichen	Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft experimentell (ohne direkte Messung) vergleichen	**QS 1:** Wird ein adäquater qualitativer Vergleich zweier Objekte beschrieben bzw. durchgeführt? (5 Kriterien)
		QS 2: Werden Daten protokolliert und daraus korrekte Schlussfolgerungen (Reihenfolge der drei Objekte) gezogen? (3 Kriterien)
		QS 3: Werden Bedingungen für einen fairen Vergleich genannt? (1 Kriterium)
		QS 4: Wird ein adäquater quantitativer Vergleich durchgeführt? (4 Kriterien)

Tab.2: Struktur- und Progressionsmodellierung vom Problemtyp Fragengeleitetes Untersuchen

fragen-geleitetes Untersuchen	korrelative Zusammenhänge zwischen gegebenen Variablen untersuchen	**QS 1:** Wird ein Zusammenhang (ohne Variablenkontrolle) adäquat untersucht? (1 Kriterium)
		QS 2: Werden Daten ausgewertet und daraus korrekte Schlussfolgerungen gezogen? (2 Kriterien)
		QS 3: Wird der zweite Zusammenhang adäquat untersucht und aus Daten eine korrekte Schlussfolgerung gezogen? (3 Kriterien)
		QS 4: Wird der Variablenkontrollansatz verstanden und angewendet? (2 Kriterien)

Ergebnisse

Qualitätsstandards und typenspezifische Kompetenzprogressionen: Zu *effektbasiertem Vergleichen* sowie zu *fragengeleitetem Untersuchen* konnten bis auf eine Ausnahme (7. Sek A bei *fragengeleitetem Untersuchen*) konsistente Progressionen der Qualitätsstandards erfasst werden (siehe Abb.1 und Abb.2). Die Rater-Übereinstimmung von 63 kodierten Kriterien der Antwortqualitäten ist grösser als 0.78 (bis auf 14 Kriterien ist Cohens Kappa > 0.61).

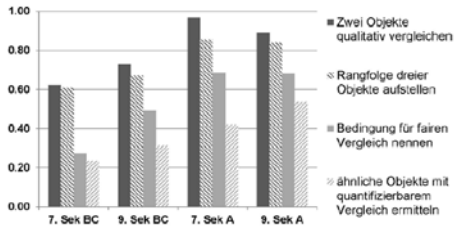


Abb.1: Häufigkeiten der erreichten QS summiert über alle drei Aufgaben zum Problemtyp effektbasiertes Vergleichen

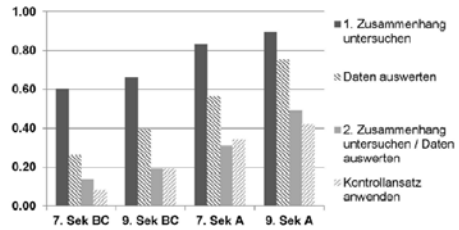


Abb.2: Häufigkeiten der erreichten QS summiert über alle drei Aufgaben zum Problemtyp fragengeleitetes Untersuchen

Aufgabenvalidität: Die eindimensionale Rasch-Skalierung für die 6 Experimentiertests (3 Tests zu jedem Problemtyp) ergab sehr gute Itemfit-Werte: Item-Separations-Reliabilität und Trennschärfe zeigen eine gute Zuverlässigkeit der errechneten Itemparameter (siehe Abb. 3).

EAP/PV-Reliabilität	0.645
Varianz	0.464
Item-Sep-Reliabilität	0.983
Infit	0.93 – 1.09, | T | ≤0.9
Outfit	0.88 – 1.14, | T | ≤1.1
Trennschärfe	0.69 – 0.80

Abb.3: 1-dimensionale Rasch-Skalierung des Pilottests 2

Leistungen der Schülerinnen und Schüler: Werden die Ergebnisse des ExKoNawi-Tests in PISA-Metrics (siehe Abb. 4) umgerechnet, so ergeben sich die in der Abbildung dargestellten Mittelwerte: der Test misst signifikante Unterschiede zwischen den Schulniveaus (A und B/C) und Jahrgangsstufen, vor allem im tiefen Leistungsbereich.

	Sek B/C	Δ	Sek A	alle
Jahrgangs-stufe 7	**395** (79)	117 *** †	**512** (90)	
Δ	39 * †		25 *	
Jahrgangs-stufe 9	**434** (101)	103 *** (*d* = 1.0)	**537** (78)	**500** (100)$^{+}$

Abb.4: Leistungen der SuS in PISA-Metrics (Pilottest 2)

Ausblick

Um die Generalisierbarkeit der Performanz über alle Problemtypen hinweg zu steigern, soll der Test auf 6 Items pro Problemtyp verdoppelt werden. Geplant ist eine Hauptstudie mit 900 12- bis 15- jährigen Jugendlichen.

Literatur

Emden, M. (2012). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundartsufe I. Berlin: Logos Verlag.

Gott, R., & Duggan, S. (2002). Problems with the assessment of performance in practical science: which way now. Cambridge Journal of Education, 32 (2), 183-201.

Gut, C, Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen. PhyDid, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung.

Gut, C., Hild, P., Metzger, S., & Tardent, J. (2014). Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP, Jahrestagung in München 2013 (S.171-173). Kiel: IPN.

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

Hild, P., Metzger, S., & Parchmann, I. (2014). Individuelle Förderung experimenteller Kompetenzen mit Lernaufgaben. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN.

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

Metzger, S., Hild, P., Gut, C., & Tardent, J. (2014). Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebisse der hans-on Assessments. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP, Jahrestagung in München 2013 (S.174-176). Kiel: IPN.

Nawrath, D., Maiseyenka, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Physik in der Schule, 60 (6), 42-48

Shavelson, R. J., & Ruiz-Primo, M. A. (1998). On the assessment of science achievement CSE Technical Report (Vol. 491). Los Angeles: Center for the Study of Evaluation, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

Shavelson, R. J., Baxter, G. P., & Gao, X. (1993). Sampling variability of performance assessments, Journal of Educational Measurement, 30, 3, 215-232.

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

Andreas Vorholzer Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter

Aufbau prozessbezogener Kompetenzen – Ergebnisse einer Interventionsstudie

Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sind ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und gehören neben dem Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen zu den zentralen Zielen des Physikunterrichts (u. a. KMK, 2005). Insbesondere im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen gibt es jedoch bisher nur wenige Untersuchungen dazu, wie entsprechende Fähigkeiten aufgebaut werden können. Grundsätzlich wird angenommen, dass der Aufbau von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens durch praktisch-experimentelles Arbeiten gefördert werden kann (u. a. Hof & Mayer, 2008; Rieß & Robin, 2012). Weitgehend unklar ist jedoch, ob Schüler/innen bereits durch das eigenständige Experimentieren die angestrebten Kompetenzen aufbauen oder erst die Verknüpfung mit expliziter Instruktion einen entsprechenden Kompetenzaufbau bewirkt. In der diesem Beitrag zu Grunde liegenden Studie wird der Aufbau von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens auf zweifache Weise untersucht: Zum einen wird mit einem Pre-Post-Design die Wirkung einer expliziten Adressierung von zugehörigen Konzepten mit einem impliziten Ansatz verglichen. Zum anderen werden Videoaufzeichnungen von Schüler/innen bei der Bearbeitung der Lernmaterialien genutzt, um die Bearbeitungsprozesse analysieren und den Verlauf des Kompetenzaufbaus untersuchen zu können.
Dieser Beitrag fokussiert die Ergebnisse der Pre-Post-Testung. Neben dem Vergleich der Wirkung des expliziten mit der des impliziten Ansatzes wird auch der Einfluss des fachinhaltlichen Vorwissens auf die Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens untersucht.

Design und Stichprobe

Die Studie besteht aus insgesamt vier Phasen: Pretest, Intervention, Posttest und Follow-up Test (siehe Abb. 1). Im Pre- und Posttest sowie im Follow-up Test werden die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens erhoben. Im Pretest werden außerdem weitere Instrumente eingesetzt, um u. a. das fachinhaltliche Vorwissen und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen zu erfassen.

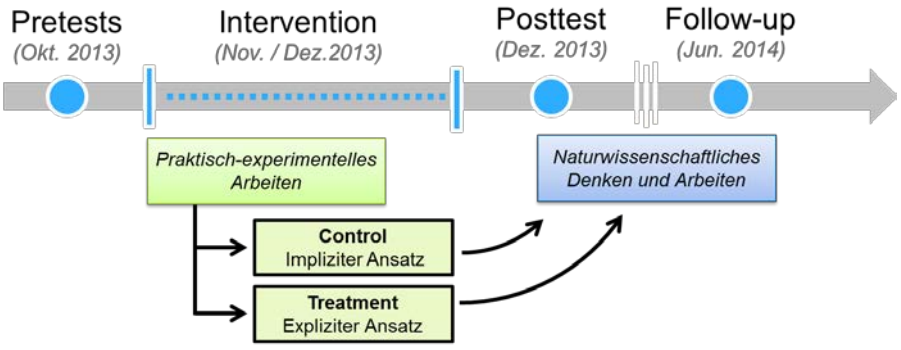


Abbildung 1: Studiendesign

Die Intervention besteht aus drei Lerneinheiten zu unterschiedlichen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens mit einem Gesamtumfang von ca. 225

Minuten. Die Durchführung erfolgte über einen Zeitraum von drei Wochen (eine Einheit pro Woche) im Rahmen des regulären Physikunterrichts.

An der Intervention nahmen insgesamt $N = 204$ Schüler/innen (65,2 % weiblich) der Einführungsphase (Klasse 11) teil. Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgt in Gruppen von zwei bis drei Schüler/innen. In den Lerneinheiten der Treatment-Klassen wurden die angestrebten Konzepte aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen explizit adressiert. Die Lerneinheiten der Kontroll-Klassen enthielten die gleichen fachlichen Inhalte und Experimente, vermeiden jedoch eine explizite Adressierung von Konzepten aus dem Bereich des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens.
Sowohl in den Treatment- als auch in den Kontroll-Klassen wird ein Teil der Schülergruppen bei der Bearbeitung der Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet, um eine Analyse der Bearbeitungsprozesse zu ermöglichen.

Methoden
Für die Erfassung der im Pretest erhobenen Personenmerkmale konnte auf eine Reihe erprobter Testinstrumente zurückgegriffen werden (vgl. Tab 1.). Lediglich um die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zu erfassen, musste im Rahmen der Studie ein neues Testinstrument entwickelt und pilotiert werden (vgl. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, in Vorbereitung). Dies lag unter anderem daran, dass bereits vorliegende Testinstrumente häufig nicht für die Sekundarstufe II konzipiert sind, prozessbezogene Fähigkeiten nur bedingt losgelöst von fachinhaltlichem Wissen erfassen können und zudem inhaltlich keine ausreichende Passung zu den in der Intervention adressierten Fähigkeiten und Konzepten aufweisen (ebd.).

Tabelle 1: Eingesetzte Testinstrumente und zugehörige Kennwerte

Instrument	*Dauer*	***Item Fit***	***DIF***	***Person Reliability***
Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, in Vorbereitung)	35 Minuten	✓	✓**	.81
Fachwissen Physik (FCI) (nach Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992)	20 Minuten	✓	✓**	.74
Kognitive Fähigkeiten (KFT N2) (Heller & Perleth, 2000)	10 Minuten	✓*	✓**	.80
Fachinteresse Physik (nach Schiefele, Krapp, Wild, & Winteler, 1993)	5 Minuten	✓*	✓**	.83
Selbstwirksamkeit (nach Jerusalem & Satow, 1999)	5 Minuten	✓*	✓**	.95

✓: 0.7> Infit MNSQ >1.3; 0.7> Outfit MNSQ >1.3
✓: 0.5> Infit MNSQ >2.0; 0.5> Outfit MNSQ >2,0*
*✓**: DIF-Contrast <0.64 bzw. DIF-Contrast >0.64 p<0.05*

Vor der Auswertung wurden die Daten mit dem Programm Winsteps (Linacre, 2014) Rasch-skaliert. Anschließend wurden die eingesetzten Instrumente bezüglich ihrer Fit-Statistiken, des Differential Item Functioning (DIF) und der Person Reliability unter Verwendung der von Linacre (2014) (Jerusalem & Satow, 1999) vorgeschlagenen Grenzwerte geprüft (vgl. Tab. 1). Aufgaben mit unzureichender Fit-Statistik wurden aus der Analyse ausgeschlossen; Aufgaben mit erkennbarem DIF wurden wie getrennte Aufgaben behandelt. Die Auswertung der Rasch-skalierten Daten erfolgte in SPSS mittels einfacher Varianzanalyse mit Messwiederholung und linearer Regression (Field, 2013).

Ergebnisse

Bei dem Vergleich der Testergebnisse in Pre- und Postest zeigen sich sowohl in den Treatment- als auch in der Kontroll-Klassen eine Steigerung der Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens; die Intervention hat insgesamt einen signifikant positiven Effekt großer Stärke auf den Fähigkeitsaufbau ($F(1,128)=78.93$, $p<0.01$, $d_{\text{Cohens}}=1.57$). Insbesondere im Hinblick auf die Effektstärke ist jedoch unklar, welchen Einfluss die mehrfache Testung mit teilweise gleichen Testaufgaben auf das Ergebnis nimmt.

Der Fähigkeitszuwachs ist in den Treatment-Klassen deutlich größer als in den Kontroll-Klassen; die explizite Adressierung prozessbezogener Konzepte hat einen signifikant positiven Effekt mittlerer Größe auf den Kompetenzaufbau ($F(1,128)=9.46$, $p<0.01$, $d_{Cohens}=0.54$). Das Fachwissen hingegen hat, zumindest in der hier eingesetzten Lernumgebung, keinen signifikanten Effekt auf den Fähigkeitszuwachs ($\beta=0.016$, $p=.806$) und scheint somit keine notwendigen Voraussetzung für den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen zu sein.

Eine internationale Veröffentlichung, in der die hier vorgestellten Befunde umfangreicher dargestellt und diskutiert werden, befindet sich zurzeit in Vorbereitung.

Ausblick

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie deuten darauf hin, dass eine explizite Adressierung von Konzepten im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen einen wesentlich Beitrag zum Kompetenzaufbau leistet. Wie Schüler/innen solche explizierten Konzepte nutzen und mit zugehörigen Übungs- und Experimentieraufgaben umgehen, soll in einem nächsten Schritt mit Hilfe der erhobenen Videodaten analysiert werden.

Literatur

Field, A. P. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll (4th edition).

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

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. The Physics Teacher, 30(3), 141–158.

Hof, S., & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch forschendes Lernen. Krüger et al.(Hrsg.). Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 7, 69–84.

Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), Skalen zur Erfassung von Lehrer-und Schülermerkmalen. Berlin: Freie Universität Berlin.

KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand.

Linacre, J. M. (2014). A User's Guide to Winsteps Ministep Rasch-Model Computer Programs: Program Manual 3.81.0. Abgerufen unter http://www.winsteps.com/winman/

Rieß, W., & Robin, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimenteier im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten (pp. 129–152). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.

Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse"(FSI). Diagnostika, 39(4), 335–351.

Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Kirschner, S. (in Vorbereitung). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. In Vorbereitung zur Wiedereinreichung bei der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Martin Schwichow IPN Kiel
Hendrik Härtig
Tim Höffler

Einfluss der Lerngelegenheit auf den Erwerb experimenteller Kompetenz

Experimente dienen vor allem der empirischen Überprüfung kausaler Zusammenhänge. Um möglichst eindeutige Aussagen über Ursache-Wirkungsbeziehungen zu erlangen, sollte in Experimenten nur eine potentiell unabhängige Variable verändert und sämtliche Kontrollvariablen konstant gehalten werden. Dieses grundlegende Prinzip der experimentellen Erkenntnisgewinnung wird als Variablenkontrollstrategie [VKS] bezeichnet. Es ist explizit bzw. implizit Gegenstand von Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht (KMK, 2005, National Research Council, 2012). Aufgrund der zentralen Bedeutung der VKS im Rahmen experimenteller Kompetenzen ist sie Gegenstand zahlreicher Interventionsstudien. Zur Identifizierung von Merkmalen einer effektiven Vermittlung der VKS wurden die Befunde von 72 Interventionsstudien in einer Meta-Analyse zusammengefasst. Es zeigt sich, dass Studien, in denen ein kognitiver Konflikt bei den Probanden induziert wird und Studien, die Demonstrationsexperimente nutzen, zu höheren Effektstärken führen, als Studien, die diese Merkmale nicht teilen. Ferner wird kein positiver Einfluss des Einsatzes von Schülerexperimenten auf das Erlernen der VKS gefunden (Schwichow, Härtig & Höffler, 2014). Dieser Befund steht im Widerspruch zu konstruktivistischen Lerntheorien, die einen positiven Einfluss von Schülerexperimenten aufgrund ihrer höheren Authentizität nahelegen (Tobin, 1990). Verglichen mit reinen Papier- und Bleistift Übungsaufgaben sollten daher Schülerexperimente lernförderlicher sein. Ziel dieser Interventionsstudie ist es herauszufinden, inwiefern Schülerexperimente und reine Papier und Bleistift Übungsaufgaben sich in ihrer Wirksamkeit beim Erlernen der VKS unterscheiden.

Methode

Die Studie wurde mit 161 Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe zweier Gemeinschaftsschulen in Schleswig-Holstein durchgeführt. Beide Schulen haben eine heterogene Schülerschaft. Die Durchführung der Studie erfolgte in zwei 90 und 135 minütigen Blöcken im Rahmen des Regelunterrichts. Im ersten Block wurden das Vorwissen der Probanden bezüglich der VKS und des relevanten Fachwissens (siehe Beitrag von Christoph et al. in diesem Band), sowie die Kontrollvariablen Leseverstehen und allgemeine kognitive Fähigkeiten erhoben. Im Anschluss erfolgte ein 20 minütiger Unterrichtseinstieg der von Lawson und Wollman (1976) übernommen wurde. Er hat zum Ziel, einen kognitiven Konflikt bezogen auf die Variablenkontrolle bei den Probanden zu induzieren. Dazu wurden ein Tischtennisball und eine Eisenkugel aus unterschiedlicher Höhe auf unterschiedliche Oberflächen fallen gelassen. Vor jeder Versuchsdurchführung wurde die Klasse gefragt, welcher Ball nach dem Aufprall höher springt. Das Experiment wurde mehrmals konfundiert durchgeführt, so dass jeweils die nicht prognostizierte Kugel höher zurücksprang. Anschließend erarbeitete die Klasse in einem Unterrichtsgespräch, dass es sich bei dem vorgeführten Experiment um einen „unfairen“ Test handelt und sammelte Verbesserungsvorschläge. Zuletzt wurde das Experiment korrekt durchgeführt und ein kurzer erklärender Text vorgelesen. Die Wirkung des Unterrichtseinstieges wurde zu Beginn des zweiten Blocks in einem Zwischentest mit dem schriftlichen VKS-Test überprüft.
Anschließend wurden die Probanden basierend auf den Vortestergebnissen im VKS-Test in zwei gleichstarke Treatmentgruppen aufgeteilt. Beide Gruppen sollten das Prinzip der Variablenkontrolle an Aufgaben zum Elektromagnetismus üben. Die Aufgaben waren soweit wie möglich identisch. Der zentrale Unterschied zwischen den beiden Treatments bestand darin,

dass die Experimentiergruppe mit gegebenen Materialien selbstständig Experimente plante, durchführte und auswertete, während die reine Papier- und Bleistift Übungsgruppe die Experimente nur theoretisch plante und Fotos eines passenden Experiments auswertete.
Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit beider Übungsbedingungen wurden in einem Nachtest erneut das Fachwissen, das VKS-Verständnis und zusätzlich die Fähigkeit reale Experimente zu planen erfasst. Der Experimentiertest bestand aus einer Aufgabe zum Elektromagnetismus (identisch der Übungsaufgaben) und einer Transferaufgabe zur Leitfähigkeit (siehe Beitrag von Christoph et al.).

Ergebnisse
Beide Übungsgruppen unterschieden sich vor der Intervention weder im Leseverständnis noch in den kognitiven Fähigkeiten, dem Fachwissen oder dem VKS-Verständnis. In Abbildung 1 sind die Ergebnisse des schriftlichen VKS-Tests und des VKS-Experimentiertests dargestellt. Sämtliche Gruppenunterschiede wurden unter Kontrolle des Fachwissens, der Lesefähigkeit und der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten berechnet.

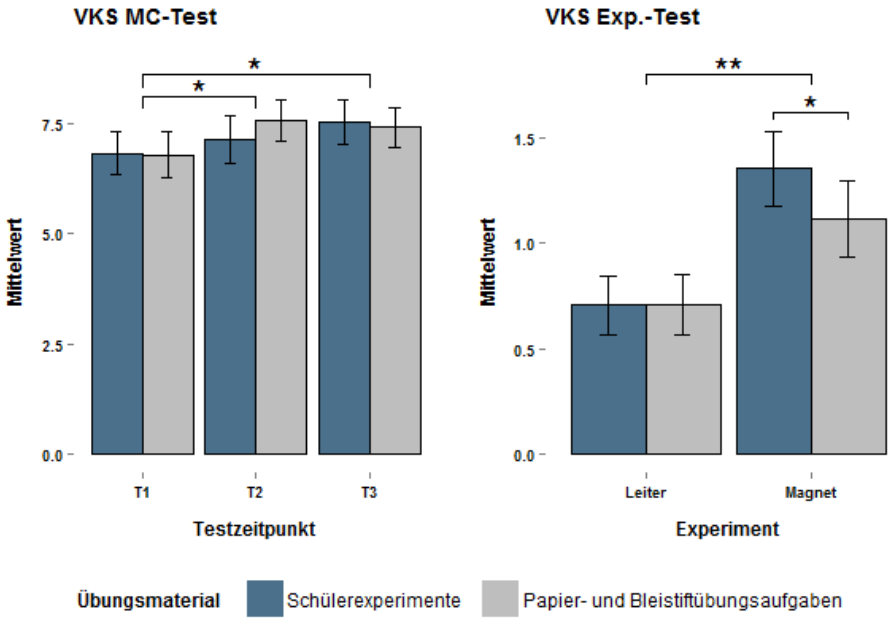


Abbildung 1 Ergebnisse des schriftlichen und experimentellen VKS-Tests. Vor-, Zwischen- und Nachtest sind mit T1, T2 und T3 gekennzeichnet.

Der schriftliche VKS-Test zeigt für beide Treatmentgruppen einen signifikanten Lernzuwachs zwischen dem Vor- und Zwischentest. Ein positiver Einfluss der Übungen oder eine differenzielle Wirkung der Übungsbedingungen ist nicht festzustellen. Ein signifikanter Unterschied zwischen der experimentellen Übungsgruppe *(mean = 1.29)* und der Papier- und Bleistiftübungsgruppe *(mean = 1.11)* ist auf den Übungskontext im VKS-Experimentiertest beschränkt. Beide Gruppen schneiden jedoch im VKS-Experimentiertest signifikant besser in der Elektromagnet- als in der Leiteraufgabe ab.

Diskussion

Im VKS- Multiple-Choice-Test ist der Lernzuwachs auf den Zwischentestzeitpunkt beschränkt. Dies legt nahe, dass beide Übungskontexte keinen Einfluss auf das mit dem Test erfasste Konstrukt haben. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass der Lernzuwachs zwischen dem Vor- und dem Zwischentest aufgrund des Fehlens einer Kontrollgruppe nicht von einem möglichen Retest-Effekt zu trennen ist. Eine differenzielle Wirkung der Übungsbedingungen ist hingegen im VKS- MC-Test nicht festzustellen. Differenzielle Effekte der beiden Übungsbedingungen sind auf das Elektromagnetexperiment beim VKS-Experimentiertest beschränkt. Dies deutet an, dass das Üben mit Realexperimenten im Vergleich zu reinen Papier-Bleistift Übungsaufgaben für den konkreten Übungskontext vorteilhaft sind, aber kein Transfer stattfindet. Dieser Befund kann möglicherweise auf eine differenzielle Interaktion von Fachtexten mit dem Medium Experiment und Fotografie erklärt werden. Die Interaktion mit dem Experiment ermöglicht den Schülerinnen und Schülern ein exploratives Vorgehen und die Beantwortung von individuellen Fragen, die sich aus dem Text ergeben. Diese Möglichkeit bietet das Medium Fotographie aufgrund der fehlenden Interaktionsmöglichkeit nicht.

Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies, dass Schülerexperimente eine geeignete Ergänzung zu Fachtexten darstellen und daher Schülerinnen und Schülern beim Verständnis dieser Texte helfen können. Es ist jedoch zu beachten, dass die experimentellen Aufgabenstellungen einen engen Bezug zu den Materialien haben und so eine ergänzende Nutzung ermöglicht wird. Eine offene Frage ist, wie ein Transfer der erlernten Strategie angeregt werden könnte.

Literatur

KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12. 2004. München: Wolters Kluwer

Lawson, A. E. & Wollman, W. T. (1976). Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning-an experiment. J. Res. Sci. Teach., 13(5), 413–430

National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D.C: The National Academies.

Schwichow, M., Härtig, H. & Höffler, T. N. (2014). Merkmale einer effektiven Vermittlung experimentellen Strategiewissens. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. (pp. 195–197). Kiel: IPN.

Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. School Science and Mathematics, 90(5), 403–418

Veronika Maiseyenka Universität Bremen
Horst Schecker

Förderung experimenteller Kompetenz

Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist seit der Einführung nationaler Bildungsstandards ein wesentliches Thema der Lehreraus- und -fortbildung geworden. Junge Naturwissenschaftslehrkräfte lernen Erkenntnisse zur Entwicklung von fach- und prozessbezogenen Kompetenzen bereits im Studium kennen. Länger im Dienst befindliche Lehrkräfte sind durch die komplexe Aufgabe, ihren Unterricht kompetenzorientiert zu überdenken, stark herausgefordert. Das Land Hamburg startete daher 2008 mit dem Schulversuchsprogramm *alles>>könner* ein breit angelegtes Unterrichtsentwicklungsprogramm mit Lehrerfortbildung zur Förderung eines individualisierten und kompetenzorientierten Unterrichts. Im Lehrer-Fachset „Naturwissenschaften“ des Schulversuchs begann diese Arbeit mit der Entwicklung eines stark unterrichtsbezogenen Modells experimenteller Kompetenz (Maiseyenka et al., 2013; Nawrath et al., 2011). Das Modell schlüsselt das Spektrum experimenteller Fähigkeiten in sieben Felder auf, von der Entwicklung einer Fragestellung bis zum Ziehen von Schlussfolgerungen aus Versuchsergebnissen. Die Fachsetlehrkräfte haben ihre experimentellen Unterrichtphasen modellorientiert umgestaltet, indem jeweils bestimmte Fähigkeiten in den Vordergrund gestellt und explizit thematisiert wurden. Die Lernwirksamkeit eines solchen langfristig angelegten Unterrichts auf die Entwicklung experimenteller Fähigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern wurde im Rahmen einer Interventionsstudie (Maiseyenka, 2014) untersucht.

Ausgangslage

Die hier vorgestellte Studie ist in den Forschungsverbund *komdif* (Schroeter et al., 2013) eingebettet, der sich mit der empirischen Forschung und Überprüfung von Kompetenzstruktur- und Kompetenzentwicklungsmodellen beschäftigt. Das Hamburger Programm lieferte eine gute Grundlage für empirische Studien im Feld. In der hier vorgestellten Studie sollten zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

- Praxistauglichkeit: In welchem Maße und in welcher Weise wird das im Fachset entwickelte Modell von den Lehrkräften bei der Unterrichtsgestaltung genutzt?
- Lernwirksamkeit: Sind die Lernwirkungen eines Unterrichts, der sich an diesem Modell orientiert, für das Lernen der experimentellen Methode höher als bei einem Unterricht ohne derartige Modellorientierung?

Im Rahmen der Akzeptanz- und Nutzungsstudie wurde die Praxistauglichkeit des Modells untersucht und anhand einer Reihe von Kriterien bestätigt (vgl. Maiseyenka et al., 2013). Die Anlage und Ergebnisse der Lernwirksamkeitsprüfung werden im Weiteren genauer erläutert.

Design und Methode

Die Interventionsstudie stellt einen Längsschnitt über ein ganzes Schuljahr dar, welcher in neun Klassen Hamburger Gymnasien und Gesamtschulen in den Jahrgängen 7 und 8 durchgeführt wurde. Fünf Klassen der Versuchsgruppe (N = 83) und vier Klassen der Vergleichsgruppe (N = 72) bearbeiteten prä und post zwei Aufgaben, mit denen ihre Experimentierkompetenz gemessen wurde. In einer der Aufgaben geht es um die Abhängigkeit der Zeit zum Auflösen von Brausetabletten von der Wassertemperatur. Die Lesefähigkeit der Schülerinnen und Schüler, ihre kognitiven Fähigkeiten und die Selbsteinschätzung im Bezug auf den Naturwissenschaftsunterricht und das Experimentieren unterschieden sich in den

beiden Gruppen nicht signifikant. Die Intervention in der Versuchsgruppe bestand einerseits aus der modellbasierten Gestaltung experimenteller Unterrichtsphasen durch die Fachlehrer (z. B. die Kennzeichnung kompetenzieller Schwerpunkte auf den Aufgabenblättern, Rückmeldung an die Schüler anhand des Modells). Zudem wurden über das Interventionsjahr verteilt drei Unterrichtseinheiten zur Förderung handlungsbezogener experimenteller Fähigkeiten „Versuch funktionsfähig aufbauen", „Beobachten / Messen / Dokumentieren" und „Daten aufbereiten" durchgeführt (Tomczyszyn et al., 2012). In der Vergleichsgruppe (darunter drei Parallelklassen zu Klassen der Versuchsgruppe) fand ein thematisch und vom zeitlichen Umfang her weitgehend gleicher experimentelle Unterricht statt, jedoch ohne explizite Thematisierung der experimentellen Methodik. Die Lernausgangslangen in Versuchs- und Vergleichsgruppe unterschieden sich nicht signifikant. Für den Treatment-Check haben die Interventionslehrkräfte ihren gesamten Unterricht in speziellen Unterrichtsprotokollbögen dokumentiert.

In den Prä- und Posttests experimentierten die Schüler individuell und protokollierten ihre Ergebnisse. Ein Team aus drei bis sechs geschulten Ratern begleitete den Prozess und hielt dabei ihre Beobachtungen in den speziell dafür entwickelten Rastern fest. Es wurden zwei Arten von Daten aufgenommen: *Prozessdaten* aus den Beobachtungsrastern zu den Fähigkeiten „Aufbauen", „Messen" und „Beobachten" sowie *Produktdaten* aus den schriftlichen Schülerprotokollen zu den Kategorien „Dokumentieren" und „Daten aufbereiten".

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Prä-Erhebung wurden ca. 30 % aller Schüler doppelt kodiert. Die Auswertung dieser Daten führte zum Ausschluss einiger Rasterkategorien mit niedriger Interraterübereinstimmung. Die restlichen Kategorien wurden bei der Post-Erhebung erneut eingesetzt. Auf Basis der Kategorien für die Prozessqualität ließen sich jedoch keine intern konsistenten Skalen bilden (zu geringe Skalenreliabiltität). Die weiteren Analysen erfolgten daher auf Basis der Produktdaten. In einem Dreischritt wurden dafür die *Ausgangszustände* der Kontroll- und der Vergleichsgruppe verglichen, die Veränderungen innerhalb der Gruppen von prä nach post untersucht (*Intragruppenvergleich*) und anschließend die Unterschiede in den Leistungsdifferenzen beider Gruppen auf die Signifikanz überprüft (*Intergruppenvergleich*). Alle Schülerprotokolle aus den Tests wurden mit Hilfe eines dafür entwickelten Manuals mit 50 Indikatoren kodiert. Nach der Reliabilitätsprüfung von Skalen, die auf der Basis themenspezifischer Indikatoren gebildet wurden, wurden Gruppenvergleiche für „Dokumentieren", „Daten aufbereiten", „Handlungen beim Messen" sowie den Aufgabengesamtscore durchgeführt.

Abbildung 1 zeigt die Veränderung der Testleistung der beiden Gruppen bezogen auf den Aufgabengesamtscore zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten. Das Ergebnis ist repräsentativ für alle vier Kategorien; es lassen sich signifikante bis hoch signifikante Gruppenunterschiede bei den Kompetenzzuwächsen feststellen (s. Tab. 1). Mittlere bis hohe Effektstärken ergeben sich bei "Daten aufbereiten" (d = .66**) und „Aufgabenscore" (d = .79**). Angesichts der Unterschiede im Ausgangszustand beider Gruppen (s. Abb. 1) wurde jeweils mittels des Hake-Faktors h (Hake, 1998) der erreichte Zuwachs im Verhältnis zum maximal möglichen (der relative Zuwachs) betrachtet.

Die Varianzanalyse auf der Basis des Gesamtscores mit Berücksichtigung der Unterschiede in den Ausgangszuständen der Gruppen ergibt einen Haupteffekt der Zugehörigkeit zur Untersuchungsgruppe von ca. 7 % in der Gesamtvarianz der Änderungen der Schülerleistungen.

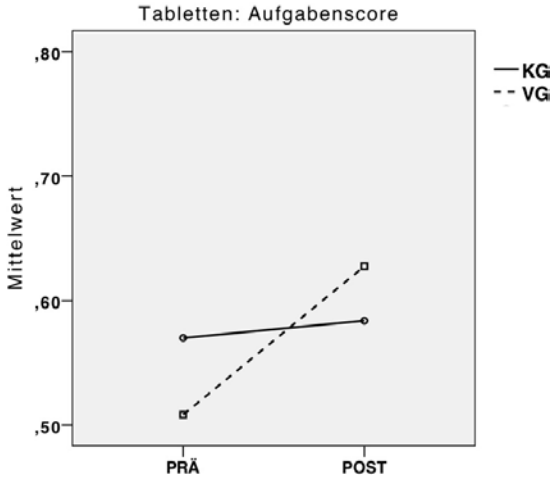


Abb. 1:Veränderung von Mittelwerten des Aufgabengesamtscores vom prä- zum post-Erhebungszeitpunkt in den Untersuchungsgruppen.

Tab 1.Intergruppenvergleich

Kategorie	Gruppenunterschiede	h_{KG}	h_{VG}
Dokumentieren	$t(153) = -2.64$, $d = .43$**	.094	.202
Daten aufbereiten	$t(153) = -4.08$, $d = .66$***	–.035	.251
Handeln	$U = 2502.5$, $\phi = .17$*	.150	.497
Aufgabenscore	$t(153) = -4.87$, $d = .79$***	.030	.244

Die hier vorgestellte quasi-experimentelle Interventionsstudie wurde in einer realen Schulsituation durchgeführt. Eine strenge Variablenkontrolle ist dabei im Format eines Längsschnitts nicht möglich. Dennoch gibt die Studie deutliche Hinweise auf die Möglichkeit, die experimentellen Schülerfähigkeiten mittels einer langfristig angelegten modellorientierten Unterrichtsgestaltung zu fördern.

Literatur

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics 1 (66), S. 64–74.

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

Maiseyenka, V., Schecker, H., & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts – Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. Physik und Didaktik in der Schule und Hochschule, 12 (1). S. 1-17.

Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 6 (60), 42-48.

Schroeter, B., Harms, U., Klüh, B., Lücken, M., Möller, J., & Südkamp, A. (2013). Kompetenzorientiert unterrichten und rückmelden. Der Hamburger Schulversuch alles»könner und das Forschungsprogramm komdif. Die Deutsche Schule (DDS), 105(2), 210-224.

Tomczyszyn, E., Nawrath, D., & Maiseyenka, V. (2012). Lernarrangements zur Förderung experimenteller Kompetenzen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 61(5), S. 44 – 48.

Andreas Trautmann Universität Koblenz-Landau
Desiree Heine
Alexander Kauertz

Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschülern

Theoretischer Hintergrund

Experimentieren als naturwissenschaftlichem Problemlösen wird eine entscheidende Rolle in Bezug auf Lernerfolg im Physikunterricht zugeschrieben (vgl. Hofstein & Lunetta, 2004). Allerdings sind die Befunde für den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Experimenten im Unterricht und Lernerfolg inkonsistent (Hopf & Berger, 2011; Lunetta, 2003). Schülerinnen und Schüler verstehen, dass es beim Experimentieren um die Bedienung von Experimentiermaterial und um das Messen geht, aber sie können daran scheitern, die konzeptuellen oder prozeduralen Ziele zu erfassen (Lunetta, 2003).
Naturwissenschaftliches Problemlösen lässt sich in die Aspekte ‚Problemgenerieren', ‚Suche im Hypothesenraum', ‚Testen von Hypothesen' und ‚Analyse von Evidenzen' gliedern. Diese Aspekte können durch detailliertere Prozesselemente beschrieben werden (s. Tab. 1; Heine, Trautmann & Kauertz, 2014).

Tab. 1: Aspekte und Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses

Aspekte des Problemlösens	**Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses**
Problemgenerieren	Problemgenerierung
Suche im Hypothesenraum	Vorwissen aktivieren
	Erklärung in der Realsituation (i S. eines Modells)
	Analogie zwischen Realsituation und Laborsituation bilden
	Erklärung in Laborsituation (i. S. eines Modells)
	Idee/Vermutung bilden
Testen von Hypothesen	Unabhängige Variable variieren
	Kontrollvariable beachten
	Datenerhebung
Analyse von Evidenzen	Datenauswertung
	Schlussfolgerung in Laborsituation
	Schlussfolgerung in Realsituation

Die Prozesselemente machen es in unterschiedlicher Weise notwendig, sich mit dem Ziel und Zweck des Experimentierens auseinanderzusetzen. Einige Prozesselemente sind in der für diese Studie vorgenommene Operationalisierung eher handlungsorientiert (z. B. Datenerhebung, Vermutungen bilden) und andere stark auf Planungs-, Analyse- und Auswertungsprozesse fokussiert, was eine stärkere kognitive Aktivität bedeutet.
Für die Prozesselemente ist daher eine unterschiedliche kognitive Aktivität erforderlich, sodass sie eine unterschiedliche Schwierigkeit haben. Folglich lassen sich die Prozesselemente hierarchisch im Hinblick auf die erforderliche kognitive Aktiviertheit ordnen. Kognitive Aktiviertheit beschreibt in diesem Zusammenhang das Ausmaß, in dem die Schülerinnen und Schüler darüber nachdenken, was sie beim Experimentieren tun. Auf dieser Grundlage werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie lässt sich „kognitive Aktiviertheit" in videografierten Experimentiersituationen beobachten?
- Wie kognitiv aktiviert sind Grundschülerinnen und -schüler beim naturwissenschaftlichen Problemlösen?
- Welche Zusammenhänge gibt es zwischen „kognitiver Aktiviertheit" und der Problemstellung, Lehrerintervention und dem Vorwissen?

Bei der dritten Forschungsfrage wird davon ausgegangen, dass Vorwissen als allgemeiner Prädiktor für Problemlösen auch einen Effekt auf die kognitive Aktiviertheit hat und höheres Vorwissen anspruchsvollere kognitive Prozesse begünstigt. Kognitive Aktiviertheit sollte sich zudem durch entsprechende Problemvorgaben und Interaktionen mit der Lehrperson, z. B. als Resultat einer kognitiven Aktivierung, beeinflussen lassen.

Design

An vier Lernstationen zum Thema „Das Fliegen“ wird Grundschülerinnen und -schülern ($N_{schüler}$ = 307 aus 49 Klassen) der dritten und vierten Jahrgangsstufe zu zweit oder dritt jeweils eine Problemstellung vorgegeben, die mit vorgegebenen Experimentiermaterialien und Hintergrundinformationen bearbeitet werden kann. Diese Bearbeitung wird von der Lehrperson nach eigenem Ermessen begleitet und für die Studie videografiert (N_{videos} = 149; Dauer Videos: M = 11.1 min; SD = 6.3 min). Die naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesse der Schülerinnen und Schüler werden mit einem Kategoriensystem erfasst (Heine & Kauertz, 2013). Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler wird mit einem raschskalierten paper-pencil-Test erhoben, der aus den Skalen ‚Fachwissen‘ (10 Items; .8 < Infit < 1.2) und ‚kognitive Aspekte experimenteller Fähigkeiten‘ (12 Items; .8 < Infit < 1.2) besteht.

Kognitive Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler

Die kognitive Aktiviertheit wird durch die Prozesselemente (vgl. Tab. 1) erfasst, die in einem Prozess vorkommen. Hierfür wird auf Grundlage der Videokodierungen dichotomisiert festgehalten, ob und welche Prozesselemente in einem Video beobachtet wurden. Die Raschanalyse der Daten zeigt einen zufriedenstellenden Itemfit (.7 < MNSQ < 1.1) bis auf die Items „Problemgenerierung“ und „Datenerhebung“, die deshalb von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden.

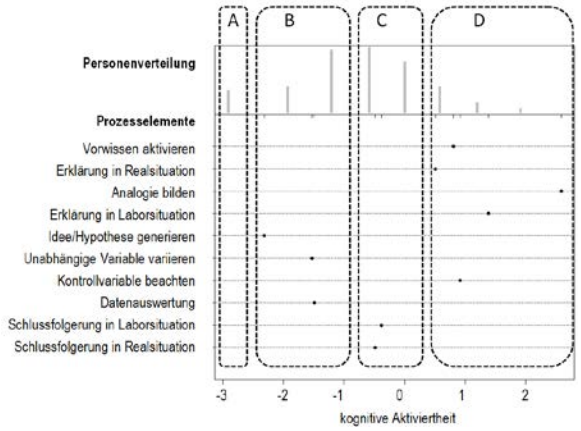


Abb. 1: Person-Item-Map der Prozesselemente

Die Person-Item-Map (Abb. 1) stellt eine Verbindung zwischen der kognitiven Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler und den Prozesselementen, die in unterschiedlicher Weise die kognitive Aktiviertheit notwendig machen, her. Die kognitive Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler und die erforderliche kognitive Aktiviertheit der Prozesselemente werden dabei auf der gleichen logit-Skala dargestellt.

Es zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler (55,7 %, Gruppe C und D) die vier typischen Aspekte naturwissenschaftlichen Problemlösens berücksichtigen (Problemgenerieren, Suche im Hypothesenraum, Testen von Hypothesen, Analyse von Evidenzen). Somit erreichen sie die Ziele der meisten internationalen Curricula für diese Jahrgangsstufe (z. B. AAAS, 2009). Ein Drittel der Schülerinnen und Schüler (33,6 %,

Gruppe B) ziehen keine Schlussfolgerungen aus ihren Ergebnissen und zeigen so nur einen verkürzten Problemlöseprozess. Lediglich 10,7 % (Gruppe A) der Schülerinnen und Schüler lesen ausschließlich die Problemstellung und produzieren Effekte ohne gezielt zu experimentieren.

Zusammenhang der kognitiven Aktiviertheit mit Aufgabenstellung, Lehrerintervention und Vorwissen

Eine Lehrerintervention während des Problemlöseprozesses führt an jeder einzelnen Station zu einer höheren kognitiven Aktiviertheit. Unterschiede bei der kognitiven Aktiviertheit zwischen den Stationen, die z. B. durch die Problemstellung oder das Material entstehen, werden durch Lehrerinterventionen ausgeglichen ($F(3, 63.1) = 1.7$, $p = 0.17$) (vgl. Abb. 2).

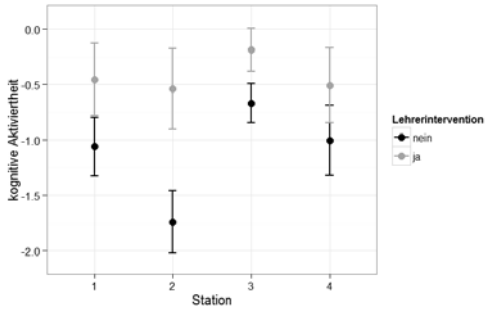


Abb. 2: Person-Item-Map der Prozesselemente

Wenn keine Lehrerintervention stattfindet, gibt es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Vorwissen und kognitiver Aktiviertheit. Erst mit einer Lehrerintervention ergibt sich eine Korrelation zwischen kognitiver Aktiviertheit und dem Vorwissen bezüglich des Fachwissens ($r = .26$, $p = .004$) und kognitiver Aspekte experimenteller Fähigkeiten ($r = .17$, $p = .06$). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass durch das Material und die Problemstellung das Vorwissen nicht gezielt aktiviert wird. Erst durch Intervention der Lehrperson werden die Lernenden zur Aktivierung Ihres Vorwissens angeregt, so dass ein höheres Vorwissen auch zu kognitiv anspruchsvolleren Prozesselementen befähigt.

Ausblick

Durch weitere Untersuchungen wäre zu klären, ob sich der Hinweis auf die Aktivierung von Vorwissen durch die Lehrperson in einer Analyse der Lehrerintervention bestätigen lässt. Darüber hinaus müssten sich die Unterschiede in der kognitiven Aktiviertheit zwischen den Stationen auf Merkmale der Problemstellung und des Materials, z. B. Komplexität oder Inhaltsstruktur, zurückführen lassen.

Literatur

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2009). Benchmarks for science literacy, New York: Oxford University Press.

Heine, D. & Kauertz, A. (2013): Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschülern. In S. Bernholt (Hg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: Lit Verlag, 701-703.

Heine, D., Trautmann, A. & Kauertz, A. (2014): Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschülern. In S. Bernholt (Hg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Kiel: Lit Verlag, 267-269.

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88(1), 28-54.

Hopf, & Berger, (2011): Experimentieren. In Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hg.) Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.

Lunetta, V.N. (2003). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Hg.), International Handbook of Science Education. Special Paperback Edition (S. 249-262). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.

Desiree Heine Universität Koblenz-Landau
Andreas Trautmann
Ann-Kathrin Müller
Alexander Kauertz

Analyse der fachlichen Adäquatheit beim Experimentieren

Hintergrund

In verschiedenen Studien zeigt sich, dass auf Seiten des Lernangebots (z. B. Helmke, 2006; Oser & Baeriswyl, 2001; Klahr & Dunbar, 1988; Lunetta, 2003) Strukturiertheit, kognitive Aktiviertheit und fachliche Adäquatheit wichtige Prädiktoren für Lernerfolg sind. Diese Prädiktoren müssten auch in einem forschend-entdeckenden Unterricht (inquiry based learning) gewährleistet sein, wie er in der Grundschule üblich und im Sinne einer höheren Autonomie und Verantwortung für das Lernen gewünscht ist. Für die Studie wird eine entsprechende experimentelle Lernumgebung zum Thema „Das Fliegen" entwickelt und in der dritten und vierten Jahrgangsstufe eingesetzt. Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie strukturiert arbeiten die Schülerinnen und Schüler an Lernstationen der experimentellen Lernumgebung?
- Wie kognitiv aktiviert sind die Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung der experimentellen Lernumgebung?
- Wie fachlich adäquat sind Schüleraussagen beim Arbeiten an den Lernstationen der experimentellen Lernumgebung?

Bisherige Ergebnisse zu „Strukturiertheit" und „kognitiver Aktiviertheit"

Zur Untersuchung der ersten und zweiten Forschungsfrage werden Videoaufnahmen (N_{Videos} = 149; Dauer Videos: M = 11.1 min; SD = 6.3 min) von Schülerinnen und Schüler aus 49 Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe ($N_{Schüler}$ = 307) genutzt. Es werden vier der 16 Lernstationen videografiert.

Forschungsfrage 1: Strukturiertheit: Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die meisten Schülerinnen und Schüler fähig sind, strukturiert an den Lernstationen zu arbeiten (höchst strukturierter Prozess: 15,6 %; weitgehend strukturiert: 44,3 %; mäßig strukturiert: 22,8 %; gering strukturiert: 17,3 %) Hierbei bedeutet ein strukturierter Prozess, dass ein Voranschreiten im Prozess erkennbar ist und die einzelnen aufeinander folgenden Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses auch zu dem vorhergehenden Element passend sind (vgl. Heine, Trautmann & Kauertz, 2014).

Forschungsfrage 2: Kognitive Aktiviertheit: Die einzelnen Prozessschritte (Prozesselemente) erfordern von den Lernenden eine unterschiedliche kognitive Aktivität. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler sich intensiv kognitiv mit dem Problemlösen und Experimentieren beschäftigt (55,7 %). Dabei zeigt sich, dass die typischen Elemente des Problemlösens (Hypothese bilden, Variablen ändern, Daten erheben, Schlussfolgern) zu beobachten sind. Bei etwa 33,6 % der Prozesse wird keine Schlussfolgerung gezogen oder sogar keine systematische Variation von Variablen vorgenommen (10,7 %), so dass von einer eher geringen kognitiven Aktiviertheit ausgegangen werden kann (Trautmann, Heine & Kauertz, in diesem Band).

Obwohl sich daher insgesamt die Prädiktoren Strukturiertheit und kognitive Aktiviertheit der Lernenden im Lernarrangement sicherstellen lassen, gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Lernstationen. Kindern gelingt ein eher strukturiertes und kognitiv aktiviertes Arbeiten bei der weniger komplexen Lernstation „Zeppelin". Eher unstrukturiert und weniger kognitiv aktiviert sind Schülerinnen und Schüler an der komplexen Lernstation „Schräger Flügel". Der dritte Prädiktor „fachliche Adäquatheit" muss, anders als Strukturiertheit und kognitive

Aktiviertheit, aufgrund der verschiedenen Inhalte für jede Station einzeln operationalisiert werden. Ein naturwissenschaftlicher Problemlöseprozess ist fachlich adäquat, wenn zentrale Begriffe und Zusammenhänge der physikalischen Struktur des Problems im Laufe der Bearbeitung des Problems (ggf. an verschiedenen Stellen des Problemlöseprozesses) in (bezüglich des Vorwissens der Lernenden) angemessener Fachsprache geäußert werden.

Operationalisierung der fachlichen Adäquatheit

Auf dieser Grundlage wird jedes Video als Gesamteinschätzung hinsichtlich der fachlichen Adäquatheit des Problemlöseprozesses eingeschätzt. Da vier unterschiedliche Lernstationen videografiert werden, ist eine lernstationspezifische Betrachtung notwendig. Deshalb wird für jede videografierte Lernstation eine Sachstruktur in Schülersprache mit Hilfe von Transkripten der Kinder erstellt, die in Form einer Kodierer-Map dargestellt wird (Abb. 1).

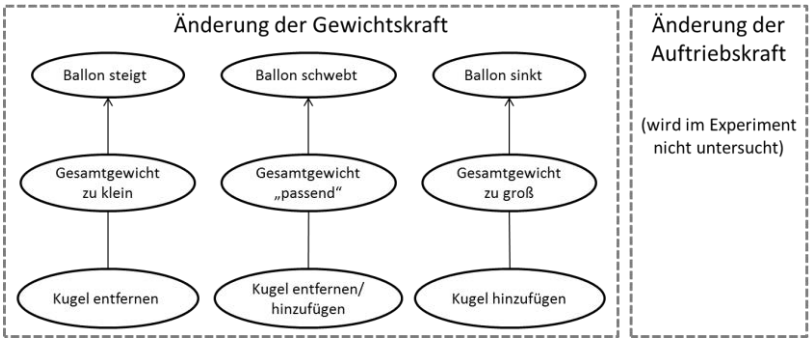
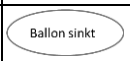
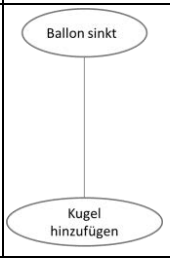
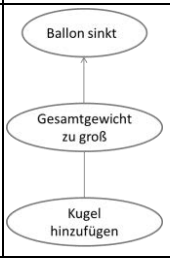
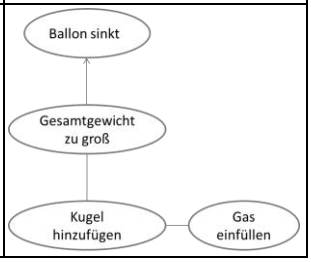


Abb. 1. Kodierer-Map zu der Lernstation „Zeppelin“ (Jacob, 2014).

Für jedes Video wird eine Schüler-Map erstellt, die durch einen Abgleich mit der Kodierer-Map bewertet wird. Hierzu wird das Komplexitätsschema nach Bernholt, Parchmann und Commons (2009) adaptiert, um die Schüleraussagen hinsichtlich der Niveaustufe zu bewerten (siehe Tab. 1).

Tab. 1:Adaptiertes Komplexitätsschema nach Bernholt (2009).

Stufe 1 Unreflektiertes Erfahrungs-wissen	***Stufe 2*** Fakten	***Stufe 3*** Prozess-beschreibungen	***Stufe 4*** Lineare Kausalität	***Stufe 5*** Multivariate Interdependenz
keine Eintragung				

Stufe 1: Wissensbestände, die nicht im Unterricht erworben wurden, sondern beispielsweise im Alltag (Bsp.: „Der Ballon ist pink“).

Stufe 2: Nennung von isolierten Begriffen, Fakten und Gesetzmäßigkeiten. Es werden keine Zusammenhänge erläutert, Erklärungen oder Argumentationen formuliert (Bsp.: „Jetzt steigt der Ballon“).

Stufe 3: Beschreibung von Vorgängen, mit zeitlichem Verlauf. „Wenn-dann“ Beziehungen (Bsp.: „Ich habe noch eine Kugel hinzugefügt und der Ballon sinkt“).
Stufe 4: Erfassung und Beschreibung von linearen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Begründung des Zusammenhangs ist von zentraler Bedeutung (Bsp.: „Der Ballon wird durch die Kugeln zu schwer, sodass er nicht mehr hochfliegen kann“).
Stufe 5: Begründungen, die über eindimensionale Zusammenhänge hinausgehen. Verschiedene lineare Beziehungen zwischen der Verbindung der Änderung der Gewichtskraft und der Änderung der Auftriebskraft (Bsp.: „Wenn mehr Gas im Ballon ist, brauche ich mehr Gewichte“).

Ergebnisse zu „fachlicher Adäquatheit“
Eine vorläufige Analyse der fachlichen Adäquatheit (fA) bei der Lernstation „Zeppelin“ bei einer kleinen Teilstichprobe ($n_{Schüler} = 16$) zeigt, dass es vielen Schülerinnen und Schülern gelingt, fachlich adäquat an dieser Lernstation zu arbeiten ($Median_{fA} = 11;\ 1 \leq fA \leq 16$). Weitere Analysen zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen den drei Prädiktoren:
- Strukturiertheit und fachliche Adäquatheit: $\rho = .44$; $p = .091$
- kognitiven Aktiviertheit und fachliche Adäquatheit: $\rho = .46$; $p = .073$
- Strukturiertheit und kognitive Aktiviertheit: $\rho = .67$; $p = .005$

Dies gibt einen Hinweis darauf, dass Schülerinnen und Schüler, die strukturiert und kognitiv aktiv arbeiten, auch fachlich adäquat arbeiten. Es deutet sich jedoch an, dass die in dieser Studie gewählten Operationalisierungen die genannten Prädiktoren für Lernerfolg nicht trennscharf beschreiben. Der starke Zusammenhang zwischen Strukturiertheit und kognitiver Adäquatheit ist zum Teil auch durch die Operationalisierung bedingt: Je mehr verschiedene Prozesselemente in einem Prozess vorkommen, desto höher ist die kognitive Aktiviertheit, desto höher ist aber auch die Chance für eine hohe Strukturiertheit.

Ausblick
Dieses Maß zur Messung der fachlichen Adäquatheit wird im nächsten Schritt auf empirische Güte geprüft. Des Weiteren wird die fachliche Adäquatheit auf Zusammenhang mit Personen-Parametern (Vorwissen, Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept) und Merkmale einer Lehrunterstützung (Art und Dauer der Lehrerintervention) untersucht. Gibt es bei diesen Analysen Hinweise auf Zusammenhänge, so wird das Maß der Erhebung der fachlichen Adäquatheit auch auf die anderen Lernstationen angewendet. Perspektivisch soll der Zusammenhang der drei Prozessmaße (Strukturiertheit, kognitive Aktiviertheit und fachliche Adäquatheit) mit Lernzuwachs berechnet werden.

Literatur
Bernholt, S., Parchmann, I. & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 217-243.
Heine, D., Trautmann, A. & Kauertz, A. (2014). Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschülern. In S. Bernholt (Eds.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013 (S. 267-269). Kiel: Lit Verlag.
Helmke, A. (2006). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Seelze: Kallmeyer.
Jacob, J. (2014). Fachliche Adäquatheit zum Thema „statischer Auftrieb“. Bachelorarbeit an der Universität Koblenz-Landau.
Klahr, D. & Dunbar, K.(1988).Dual Space Discovery During Scientific Reasoning.Cognitive Science,12,1-48.
Lunetta, V.N. (2003). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education. Special Paperback Edition (S. 249-262). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.
Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teachings. Bridging Instruction to Learning. In: V. Richardson (Eds.): Handbook of Research on Teaching (4. Auflage) (S. 1031–1065). Washington: American Educational Research Association.

Tobias Ludwig Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer

Argumentationen in Real- und Simulationsexperimenten: Ergebnisse einer experimentellen Laborstudie

Hintergrund

Das Experiment spielt eine tragende Rolle im Physikunterricht. Seit einigen Jahren werden jedoch vermehrt Computersimulationen sowohl im Physikunterricht als auch in der Forschung (z. B. Künsting et al., 2008; de Jong & van Joolingen, 1998) eingesetzt, hier insb. als effiziente Methode zur Erfassung von Schülertätigkeiten beim Experimentieren. Die experimentellen Vorgehensweisen und epistemologischen Voraussetzungen können in beiden Medien jedoch sehr unterschiedlich sein, z. B. hinsichtlich der Datengenerierung vs. -reproduktion, des Zeitaufwands, der Dimensionalität des Aufbaus, der Vereinfachung bzw. Komplexität des Handlings und der Manipulation sowie hinsichtlich des Umgangs mit Fehlern (z. B. Olympiou & Zacharia, 2012). Bisherige Ergebnisse bzgl. der Unterschiede beim Arbeiten mit realen und virtuellen Experimenten zeigen divergierende Befunde (z. B. Smetana & Bell, 2012). Bei der Analyse bisheriger Vergleichsstudien zum Thema zeigt sich eine auffällige Auswahl der untersuchten abhängigen Variablen. Der überwiegende Teil dieser Arbeiten fokussiert eher auf output-orientierte Variablen (z. B. Fachwissen, Effizienz) als auf zugrunde liegende kognitive Prozesse beim Experimentieren. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, den Einfluss des Mediums auf Argumentationen beim Experimentieren zu klären.

Vorarbeiten

Wie aber argumentieren Schülerinnen und Schüler beim physikalischen Experimentieren? In Vorarbeiten wurde eine Experimentiersituation entwickelt, dessen zugrunde liegender Inhalt bei vielen Lernenden fachlich falsche Präkonzepte hervorruft. Das Experiment konfrontiert die Lernenden daher mit nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen und bietet somit einen Anlass, für oder gegen eine zuvor aufgestellte Hypothese zu argumentieren. In einer Interviewstudie konnten die von Lernenden gegebenen Argumentationen in zehn Argumentkategorien sortiert (Ludwig & Priemer, 2013) und entsprechend des *Elaboration-Likelihood-Model of Persuasion* (ELM, Petty & Cacioppo, 1986) klassifiziert werden: Dabei unterscheiden wir zwischen peripheren Argumentkategorien, d. h. solche, die auf eine eher nonrationale sowie an Heuristiken und Cues orientierte Verarbeitung schließen lassen, und zentralen Argumentkategorien. Diese sind von einer intensiven sachlogisch-rationalen Verarbeitung der Information geprägt. Das ELM modelliert die Verarbeitung persuasiver Nachrichten (hier: Experiment mit nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen) und nennt auf die Zentralität bzw. Peripherität einflussnehmende persönliche Faktoren (hier: Fachwissen Mechanik, Kognitionsbedürfnis, situationales Interesse und Werteinschätzung der Naturwissenschaften). Auf der Basis dieser Interviewstudie wurde ein fragebogenbasiertes Instrument zur Erfassung der Argumentationen beim Experimentieren entwickelt (Ludwig & Priemer, 2014).

Fragestellungen (Auszug)

- (1) Welchen Einfluss hat der Typ der Experimentierumgebung – real vs. virtuell – auf die Stärke der Verwendung bestimmter Argumente
- (2) Lassen sich die aus dem ELM vorhergesagten Einflüssen persönlicher Merkmale auf die Stärke der Verwendung verschiedener Argumente nachweisen?
- (3) Welchen Einfluss hat die Verwendung der Argumentkategorien auf die Entscheidung zum Wechseln bzw. Beibehalten einer Hypothese?

Methode

Die aufgeführten Forschungsfragen wurden in einem randomisiert-experimentellen Design mit 934 Probanden (Ø Alter 14.3 Jahre) untersucht. Nach der Erhebung der persönlichen Merkmale (Kognitionsbedürfnis: Bless et al., 1994; Werteinschätzung der Naturwissenschaften: Siegel & Ranney, 2003; situationales Interesse verändert nach Lewalter & Willems, 2009) und dem Fachwissen (verändert nach Zander, in Druck) wurden die Probanden aufgefordert, zunächst eine Hypothese zu einem physikalischen Zusammenhang aufzustellen, um diese im Anschluss im realen bzw. virtuellen Experiment zu testen. Danach wurden die angeführten Argumentationen zum Beibehalten bzw. Verwerfen der eingangs aufgestellten Hypothese fragebogenbasiert erfasst. Dieser Test erfasst die folgenden vier Argumentkategorien: Intuition, Expertenwissen, Messunsicherheiten und Evidenz (Ludwig & Priemer, 2014).

Ergebnisse

Von 934 Probanden haben 815 Probanden vor dem Experiment eine falsche Hypothese aufgestellt. Nur diese Fälle werden in den weiteren Analysen berücksichtigt. Die Unterschiedshypothesen wurden mit Hilfe eines Multigruppen-Strukturgleichungsmodells getestet ($\chi2(1220) = 1961.1$, CFI = .91, RMSEA = .04), dabei wurde der Einfluss der Prädiktoren kontrolliert. Im Hinblick auf Forschungsfrage 1 zeigt sich, dass der Typ der Experimentierumgebung Einfluss auf zwei Argumentkategorien nimmt: Probanden, die mit dem virtuellen Experiment arbeiten, argumentieren weniger mit den Kategorien Intuition ($d = -0.27$, $p < .05$) sowie Messunsicherheiten ($d = -1.08$, $p < .05$). In den Kategorien Expertenwissen und Evidenz zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Im Hinblick auf Forschungsfrage 2 konnte ein Strukturmodell etabliert werden ($\chi2(579)= 1232.4$, CFI = .92, RMSEA = .04), in dem sich das Fachwissen als signifikanter Prädiktor für die Argumentkategorien Evidenz ($\beta = .26$, $p < .05$, R2 = .07) und Intuition ($\beta = -.39$, $p < .05$, $R^2 = .15$) zeigt sowie die persönliche Werteinschätzung der Naturwissenschaften als Prädiktor für die Argumentkategorien Messunsicherheiten ($\beta = .26$, $p < .05$, R2 = .14) und Expertenwissen ($\beta = .12$, $p < .05$, $R^2 = .01$). Das situationale Interesse ist kein signifikanter Prädiktor für die Verwendung der Argumente. Zur Beantwortung von Forschungsfrage 3 wurde ein multiples logistisches Regressionsmodell geschätzt. Die Argumentkategorien stellen hier die unabhängige Variable dar, die Entscheidung zum Beibehalten bzw. Wechseln der (falschen) Hypothese die dichotome abhängige Variable. Signifikant ist der Einfluss der Kategorie Evidenz (Odds Ratio = 3.6) und Messunsicherheiten (OR = 0.5) auf den Hypothesenwechsel, d. h. pro Einheit auf der Likert-Skala steigt die Chance auf einen Hypothesenwechsel um den Faktor 3.6 bzw. sinkt um den Faktor 0.5; hierbei handelt es sich um große Effekte.

Diskussion

Bezüglich der Gruppenunterschiede in der Verwendung bestimmter Argumente zeigt sich lediglich ein bedeutsamer Effekt: Die deutlich geringere Ausprägung der Kategorie Messunsicherheiten bei den Probanden, die mit dem virtuellen Experiment gearbeitet haben, ist erwartungsgemäß, da Messunsicherheiten in Simulationen nicht implementiert sind. In den drei anderen Argumentkategorien zeigten sich hingegen keine bedeutsamen Unterschiede. Dies ist aus der Sicht von Studien, die Computersimulationen zur Beobachtung Lernender beim Experimentieren einsetzen, ein dienliches Ergebnis, da dadurch ein Hinweis für die Legitimität der Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf reale Experimentiersituationen gegeben ist. Aus didaktischer Sicht ist dieses Ergebnis allerdings problematisch, da Schüler den im virtuellen Experiment erhobenen Daten und Beobachtungen offenbar die gleiche Aussagekraft zuschreiben wie Realexperimenten, obwohl Simulationen u. E. nur ein unzutreffendes Bild des Experimentierens zeigen: Die Manipulation einer Programmoberfläche zum Entdecken einer bereits integrierten analytischen Modellierung eines physikalischen Prob-

lems lässt eine Beobachtung des eigentlichen Naturphänomens nicht zu. Der Einfluss personaler Merkmale auf die Argumentationen konnte gezeigt werden, wobei die erklärte Varianz in den Argumentkategorien stark variiert. Auffällig ist, dass das situationale Interesse in diesem Zusammenhang kein bedeutsamer Prädiktor für die Verwendung bestimmter Argumentkategorien ist, obwohl dieses sowohl oft bei der Analyse von Lernprozessen als auch im ELM als einflussnehmende Größe genannt wird. Das Fachwissen zeigt sich als stärkster Prädiktor, der insbesondere die Verwendung der Argumentkategorien Evidenz und Intuition erklären kann. Die Richtung der Zusammenhänge ist dabei im Sinne des ELMs: Je höher das Fachwissen, desto zentraler die Argumentation, desto eher findet eine sachlogische, rationale Analyse der experimentellen Ergebnisse statt. Ein aus physikdidaktischer Perspektive erstrebenswerter Prozess. Bemerkenswert ist ferner der starke Einfluss der Argumentkategorien Evidenz und Messunsicherheiten auf den Hypothesenwechsel (FF3), der hier im Sinne eines Lernzuwachses interpretiert werden kann. Schüler, die stark anhand von Daten und Beobachtungen argumentieren, wechseln eher auf eine fachlich richtige Hypothese, während Schüler eine fachlich falsche Hypothese eher beibehalten, wenn sie die Unsicherheit ihrer Messung bei der Entscheidung berücksichtigen. Aus diesen Befunden lassen sich weitreichende Implikationen für den Physikunterricht ableiten: Die gezielte fachliche Vorbereitung im Hinblick auf den Umgang mit experimentellen Beobachtungen und Messdaten sowie hinsichtlich ihrer Behaftung mit Unsicherheiten im Vorfeld eines im Unterricht durchgeführten Experiments führt zu einer rationaleren bzw. physikalisch adäquateren Verarbeitung der aus dem Experiment gewonnenen Informationen und eher zu einem Lernzuwachs durch das Experiment! In künftigen Arbeiten könnte dieses Desiderat z. B. in Interventionsstudien auf Möglichkeiten der Implementierung in den Physikunterricht überprüft werden.

Literatur

Bless, H., Wänke, M., Bohner, G., Fellhauer, R. F., & Schwarz, N. (1994). Need for Cognition: Eine Skala zur Erfassung von Engagement und Freude bei Denkaufgaben. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 25(2), 147–154.

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.

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.

Lewalter, D., & Willems, A. S. (2009). Die Bedeutung des motivationsrelevanten Erlebens und des individuellen Fachinteresses für das situationale Interesse im Mathematikunterricht. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 56, 234–257.

Ludwig, T., & Priemer, B. (2013). Argumentationen bei nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen in Real- und Simulationsexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (Bd. 33, S. 731–733). Kiel: IPN.

Ludwig, T., & Priemer, B. (2014). Ein Instrument zur Erfassung von Argumentationen beim Experimentieren. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (Bd. 34, S. 273–275). Kiel: IPN.

Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. Science Education, 96(1), 21–47.

Petty, R. E., & Cacioppo, J. T. (1986). The Elaboration Likelihood Model of Persuasion. In L. Berkowitz (Hrsg.), Advances in Experimental Social Psychology (Bd. 19, S. 123–205). Orlando, Florida: Academic Press.

Siegel, M. A., & Ranney, M. A. (2003). Developing the changes in attitude about the relevance of science (CARS) questionnaire and assessing two high school science classes. Journal of Research in Science Teaching, 40(8), 757–775.

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, *34*(9), 1337–1370.

Zander, S. (in Druck). Fachwissenstest Mechanik - Sekundarstufe I. In H. E. Fischer (Hrsg.), Instrumente fachdidaktischer Unterrichtsforschung (Bd. 1). Essen: Universität Duisburg-Essen.

Melanie Wächter Universität Koblenz-Landau
Alexander Kauertz

Förderung argumentativer Kompetenz im Physikunterricht

Die Förderung argumentativer Fähigkeiten ist Teil eines kompetenzorientierten Physikunterrichts, in dem Schüler und Schülerinnen lernen über physikalische Themen zu diskutieren und dabei ihre Meinungen mit angemessenen Argumenten zu begründen. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurden N = 368 Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe an Realschulen in einer Zeit von sechs Schulstunden zum Thema „Argumentieren über Physik“ unterrichtet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten eine standardisierte Instruktion und arbeiteten selbständig an einer experimentellen Lernumgebung. Die Fortschritte der Schüler beim Argumentieren wurden mit den Fortschritten von Schülern verglichen, die in derselben Art und im selben Umfang zum Thema „Experimentieren“ unterrichtet wurden. Die physikbezogene Argumentationsfähigkeit wurde unter anderem mit Hilfe eines kategorienbasierten Video-Tests erhoben.

Theoretischer Hintergrund

Argumentieren soll nicht nur laut Bildungsplan sondern auch aus erkenntnistheoretischen Gründen im Physikunterricht gefördert werden, da physikalische Erkenntnisse diskursiv begründet werden. Die Förderung und auch die Messung argumentativer Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht sind daher in den letzten Jahren international in den Forschungsmittelpunkt gerückt. Mit seiner Beschreibung der Elemente einer Argumentation hat Toulmin (1996) zwar ein in der Bildungsforschung weit verbreitetes Instrument entwickelt, allerdings können fachspezifische Aspekte, ebenso wie der interaktive Charakter einer Diskussion mit Toulmins Argument-Pattern nicht erhoben werden. Osborne et al. (2004) beschreiben diesen interaktiven Charakter in ihrem fünfstufigen Modell, indem sie Argumentationen danach unterscheiden, in welchem Maße auf die Argumente des Argumentationspartners eingegangen wird. Viele Studien (z. B. Abi-El-Mona & Abd-El-Khalick, 2011) beschreiben darüber hinaus, dass die Angemessenheit und die Qualität von Argumenten nur innerhalb des Kontextes der Argumentation gemessen werden können. Basierend auf diese Ergebnisse wurde ein dreidimensionales Modell zur Beschreibung und Messung physikspezifischer Argumentation entwickelt, das Argumentationen bezüglich der vorkommenden Strukturelemente nach Toulmin, der Qualität der Argumente und der Funktion der Argumente beschreibt (vgl. Wächter & Kauertz, 2013).

Erhebungsinstrumente und Forschungsdesign

Ziel der Studie ist es, die Effekte einer expliziten Argumentations-Instruktion mit einer Instruktion zum naturwissenschaftlichen Arbeiten auf den Kompetenzzuwachs beim physikbezogenen Argumentieren in einer quasi-experimentellen Feldstudie im Pre- Post-Test-Design zu vergleichen. Dazu wurde vorab mit einem Paper-Pencil-Test die Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Arbeiten nach Glug (2009) sowie die physikbezogene Argumentationskompetenz über Items eines Testes für Kommunikationskompetenz (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB), 2014) schriftlich erhoben. Des Weiteren wurde das Fachwissen zum Thema Fliegen (Heine, Trautmann, & Kauertz, 2013) erhoben, da die Schüler während der Instruktion an Experimenten zum Thema Fliegen arbeiteten. Außerdem wurden vorab Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler sowie der sozioökonomischen Hintergrund über einen Eltern-Fragebogen (Kauertz et al., 2011) erhoben. Um die physikspezifischen argumentativen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in einer möglichst realen und interaktiven Argumentations-Situation zu messen, wurde ein eigens

entwickelter Video-Test verwendet, der in einer Vorstudie erfolgreich pilotiert wurde (vgl. Wächter & Kauertz, 2013). Bei diesem Test diskutieren die Schüler paarweise über ein vorgegebenes physikalisches Problem, das den Schülern in Form eines Comics vorgegeben wird (vgl. Kraus & von Aufschnaiter, 2005). Die Diskussion wird videografiert und mit Hilfe eines Kategoriensystems angelehnt an Toulmin (1996) und Osborne et al. (2004) analysiert.

Durchführung der Studie

Die Intervention lief über einen Zeitraum von drei Wochen. Beide Interventionen - für das physikspezifische Argumentieren und für das naturwissenschaftliche Arbeiten - basieren auf der Lerntheorie von Gagné-Briggs (Petry et al., 1987). Inhaltlich sollten die Schüler in der Argumentations-Instruktion lernen, …

- 1. ihre Behauptungen zu begründen,
- 2. zwischen guten und schlechten Begründungen sowie
- 3. zwischen physikalischen und nicht-physikalischen Argumenten zu unterscheiden und
- 4. auf den Argumentationspartner einzugehen.

In der Instruktion zum naturwissenschaftlichen Arbeiten sollten die Schüler lernen, …

- 1. ein Problem zu erfassen,
- 2. Hypothesen zu generieren,
- 3. ein Experiment durchzuführen,
- 4. Daten zu analysieren und
- 5. eine Schlussfolgerung zu ziehen.

(vgl. Klahr 2000).

Die Instruktionen wurden mithilfe einer PowerPoint-Präsentation weitestgehend standardisiert, indem die meisten Folien vertont wurden. Dennoch gab es auch teilstandardisierte Interaktionen zwischen den Lehrpersonen und den Schülerinnen und Schülern, um den Lernprozess optimal zu gestalten. Nach der dreißigminütigen Erarbeitung des Themas „Argumentieren über Physik“ bzw. „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ hatten die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit, das Gelernte in einer experimentellen Lernumgebung anzuwenden. Die Lernumgebung zum Kontext „Das Fliegen“ bestand aus sechs Lernstationen zur Strömungsdynamik am Flügel eines Flugzeuges. Hier konnten die Schülerinnen und Schüler am Kontext „Fliegen“ das Argumentieren bzw. das naturwissenschaftliche Arbeiten üben, indem gezielt Übungsaufgaben zum Argumentieren bzw. zum naturwissenschaftlichen Arbeiten an allen Lernstationen integriert waren. Anschließend wurden die Ergebnisse der Lernstationen besprochen und noch einmal das Neugelernte reflektiert und zusammengefasst. Direkt im Anschluss an die Intervention wurden noch einmal das Fachwissen, die Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und die physikspezifische Argumentationskompetenz in einem schriftlichen Test sowie interaktiv im Video-Test gemessen. Als Argumentationsanlass wurde dasselbe physikalische Problem in Form eines Comics verwendet wie bereits im Pre-Test und zusätzlich, in einer weiteren Aufgabenstellung, ein zweites Comic mit einer neuen physikalischen Problemstellung.

Datenauswertung und Ergebnisse

Da die Schülerinnen und Schüler beim Video-Test paarweise getestet wurden und die Argumentativen Fähigkeiten eines Schülers immer auch von seinem Argumentationspartner abhängig sind, wurde nur ein gemeinsamer Wert pro Paar erhoben. Für die weiteren Analysen wurden deshalb auch bei den schriftlichen Tests die Messwerte der Paare zusammengefasst und daraus jeweils den Mittel-, Minimal- und Maximal-Wert berechnet. Nach ersten Auswertungen unterschieden sich Interventions- und Kontrollgruppe ($N_{Argumentieren\text{-}Paare}=65$, $N_{NWA\text{-}Paare}=61$) im Pre-Test nicht signifikant im Fachwissen und bei den schriftlich geprüften Argumentationsfähigkeiten. Lediglich im NWA-Kompetenztest schloss die NWA-Gruppe etwas schlechter ab. Diesen Nachteil holte die NWA-Gruppe jedoch durch die Intervention auf, sodass im Post-Test keine signifikanten Gruppenunterschiede mehr vorhanden waren. Auch im Fachwissen oder in der schriftlich getesteten Argumentationskompetenz zeigten sich keine Gruppenunterschiede. Bei der

Messwiederholung hatten beide Gruppen im Post-Test gleichermaßen höheres Fachwissen, jedoch schnitten beide Gruppen im Post-Test bei der NWA-Kompetenz und auch beim Argumentieren im schriftlichen Test schlechter ab als im Pre-Test. Geschlechtsbedingte Unterschiede waren weder im Pre- noch im Post-Test zu beobachten.
Die Ergebnisse des Video-Tests zum physikspezifischen Argumentieren zeigen, dass die NWA-Gruppe im Pre-Test sowie auch im Post-Test deutlich mehr Sprechanteile hatte als die Interventionsgruppe. Rechnet man diesen Effekt heraus, zeigt sich, dass die Gruppen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Sequenzen keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der genannten Strukturelemente (Toulmin, 1996) zeigen, auch gibt es keinen zeitlichen Effekt. Sieht man sich jedoch die gewichteten Strukturelemente an (Behauptungen und einschränkende Operatoren einfach gewichtet, Daten, Schlussregeln und Stützungen doppelt gewichtet), schneiden beide Gruppen im Post-Test besser ab. Die Argumentations-Gruppe hat im Post-Test bei der zweiten Aufgabenstellung einen leichten Vorteil gegenüber der NWA-Gruppe. Bei beiden Gruppen verbesserte sich die physikspezifische Qualität der Argumente vom Pre- zum Post-Test. Obwohl die NWA-Gruppe im Pre-Test bei der Funktion (wie weit auf den Argumentationspartner eingegangen wird) signifikant besser abschnitt, konnte dieser Vorteil durch die Intervention ausgeglichen werden.

Zusammenfassung

Erste Analysen zeigen daher, dass es durch die explizite Argumentations-Instruktion nur geringfügige positive Effekte gegenüber der Kontrollgruppe gab. Die Qualität der Argumente konnte durch die Intervention nicht signifikant verbessert werden, jedoch wurden Behauptungen ausführlicher begründet und die Schülerinnen und Schüler konnten besser auf ihren Argumentationspartner eingehen. Weitere Analysen werden derzeit noch durchgeführt, z. B. Gruppenunterschiede bei den einzelnen Strukturelementen oder die Berücksichtigung anderer Faktoren (Fachwissen, NWA-Kompetenz, sozioökonomischer Status, Interesse und Motivation). Die kurze Interventionszeit von nur sechs Unterrichtseinheiten ist sicherlich ein Grund dafür, dass nicht deutlichere Effekte erzielt werden konnten, was in weiterführenden Studien optimiert werden sollte.

Literatur

Abi-El-Mona, I., & Abd-El-Khalick, F., (2011). Perceptions of the Nature and ‘Goodness’ of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists.

Glug, I. (2009): Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.

Heine, D., Trautmann, A. & Kauertz, A. (2013): Fachwissenstest „Fliegen“. Universität Koblenz-Landau, Institut für naturwissenschaftliche Bildung, Physikdidaktik.

Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (2014): Projekt: Evaluation der Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I (ESNaS). Kompetenzbereich Kommunikation.

Klahr, D. (2000). Exploring Science: The cognition and development of discovery processes. Cambridge.

Kraus, Martin Ernst; von Aufschnaiter, Claudia (2005): Physikalisch Argumentieren lernen. Methoden zur Förderung der diskursiven Kompetenz. In: Unterricht Physik 16 (87), S. 32-37.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41 (10), 994-1020.

Petry, B.; Mouton, H.; Reigeluth, C. M.: A Lesson Based on the Gagné-Briggs Theory of Instruction. In: Reigeluth, C. M. (1987): Instructional Theories in Action. Lessons Illustrating selected Theories and Models, Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale (N.J.) S. 11-44.

Kauertz, A., Kleickmann, T., Ewerhardy, A., Fricke, K., Lange, K., Ohle, A., Pollmeier,K., Tröbst,S., Walper, L., Fischer, H. E. & Möller, K. (2011): Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS, Forschergruppe und Graduiertenkolleg nwu-essen.

Toulmin, S. E. (1996). Der Gebrauch von Argumenten. (2nd ed.). Weinheim: Beltz, Athenäum.

Wächter, M. & Kauertz, A. (2013): Argumentieren im Physikunterricht – Kompetenzmodellierung und messung. In: Bernholt, S. (Hg.) (2013): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Bd. 34, S. 369-371. URL: http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band34.pdf, 10.10.2014.

Bodo Eickhorst[1] [1]Universität Bremen
Martin Dickmann[2] [2]Universität Duisburg-Essen
Horst Schecker[1] [3]IPN Kiel
Heike Theyssen[2]
Knut Neumann[3]

Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben

Einleitung

Im Projekt „Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments“ (MeK-LSA)[1] wurde ein computerbasiertes Testverfahren zur Erfassung experimenteller Kompetenz entwickelt (Theyßen et al., 2013). Die Testentwicklung wurde umfangreich durch empirische Studien zu Fragen der Validität abgesichert (z. B. Dickmann et al., 2013; Dickmann et al. 2014). Im Sommer 2014 wurde der Test im Large-Scale mit 1.200 Schülerinnen und Schülern der 9. Jahrgangsstufe durchgeführt. Mit den Daten soll zum einen die Testreliabiltität geprüft und zum anderen die Struktur experimenteller Kompetenz empirisch analysiert werden (Konstruktvalidierung). In diesem Beitrag liegt der Schwerpunkt auf der konstruktbezogenen Auswertung der vorliegenden Testbearbeitungen.

Experimentelle Kompetenz

Als Bezugspunkt für eine Konstruktvalidierung verwenden wir die folgende Arbeitsdefinition experimenteller Kompetenz:
Experimentelle Kompetenz ist eine latente Fähigkeit zur *mindestens intuitiv regelbasierten Planung und Durchführung* von Versuchen, die der Klärung einer physikalischen Fragestellung dienen, sowie zur *methodisch bewussten Auswertung* der damit gewonnen Daten. In *Performanz* realisiert sich experimentelle Kompetenz, wenn zusätzlich das für den Themenbereich notwendige *Fachwissen* vorhanden ist.
Die Definition orientiert sich an der Aufgliederung des experimentellen Prozesses in drei Bereiche: Planung, Durchführung und Auswertung (vgl. Emden, 2011). Den drei Bereichen werden experimentelle Teilkompetenzen zugeordnet. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den handlungsbezogenen Teilkompetenzen, wie dem Aufbauen der Versuchsanordnung und der Durchführung von Messungen, während das Aufstellen von Hypothesen hier nicht zum Kern experimenteller Kompetenz gezählt wird. Die Vorgehensweise bei der Planung, Durchführung und Auswertung sollte zumindest intuitiv regelbasiert sein, da sich aus explorativem Handeln noch keine Kompetenz ableiten lässt (von Aufschnaiter & Rogge, 2010, S. 106). Zusätzlich wird in der Definition die Rolle des Fachwissens berücksichtigt. Dazu zählt neben den fachlichen Begriffen und Zusammenhängen insbesondere die themenbezogene Gerätekunde. Experimentelle Kompetenz soll somit als eigenständiges Konstrukt verstanden werden, welches sich aber nicht unabhängig von Fachwissen realisiert. Die aus dem Large-Scale-Einsatz des Testverfahrens gewonnenen Daten sind die Grundlage von Analysen zur Validierung des so beschriebenen Konstrukts.

Testkonzeption

Der entwickelte Experimentiertest ist in Units gegliedert. Eine Unit besteht aus einer experimentellen Fragestellung und sechs Items, die jeweils Teilkompetenzen abdecken. Zu Beginn eines Items erhalten die Schüler jeweils eine Musterlösung des vorhergehenden Items, z. B.

[1] Finanzierung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Programm zur Förderung von Forschungsvorhaben in Ankopplung an Large-Scale-Assessments (FKZ LSA005).

wird eine Skizze der Versuchsanordnung vorgegeben, wenn ein Versuch funktionsfähig aufgebaut werden soll (Details in Theyßen et al., 2013; Dickmann et al., 2014). Der Test wird vollständig am Computer bearbeitet. Die auf experimentelle Handlungen bezogenen Teilkompetenzen werden dabei mithilfe interaktiver Simulationen von Realexperimenten getestet. Die Bearbeitungen der Probanden können anhand von automatisch erfassten detaillierten Logdaten (Eingaben, Mausaktionen in Simulationen) ausgewertet werden. Aus den Logdaten lassen sich alle Handlungsschritte der Probanden innerhalb der interaktiven Simulationen rekonstruieren und über ein entsprechendes Tool abspielen.

Leistungsbewertung
Für die Bewertung der Güte der Item-Bearbeitungen wird ein Bewertungsraster benötigt, das über die unterschiedlichen experimentellen Aufgabenstellungen und Themenbereiche (Optik, Mechanik und Elektrizitätslehre) strukturgleich anwendbar ist. Für die unmittelbar handlungsbezogenen Teilkompetenzen „Vorgehensweise planen“, „Versuch funktionstüchtig aufbauen“ und „Messung durchführen und dokumentieren“ wird ein fünfstufiges Raster verwendet. Im Folgenden werden die Stufen am Beispiel „Vorgehensweise planen“ zunächst allgemein erläutert und dann anhand einer konkreten Aufgabenstellung veranschaulicht.
Die unteren beiden Stufen (0 und 1) unterscheiden sich darin, ob in der Planung eine Basisanordnung für die Durchführung des Experiments erkennbar ist oder nicht. Eine Basisanordnung ist dabei eine experimentelle Anordnung, mit der zwar das Phänomen realisierbar ist (z. B. Reihenschaltung von Glühlampen), jedoch keine Messungen möglich sind. In den nächsten Stufen werden Messgeräte für das Experiment eingeplant. Auf der höchsten Stufe werden die Messgeräte für eine genaue Messung aller relevanten Größen angeordnet:
- Stufe 0: eine *Basisanordnung* ist nicht hergestellt
- Stufe 1: eine *Basisanordnung* ist hergestellt
- Stufe 2: *messbezogene Ansätze* sind zu erkennen
- Stufe 3: eine *Messung* im Sinne der Aufgabenstellung ist *prinzipiell* möglich
- Stufe 4: eine der Aufgabenstellung *adäquate Messung* ist *unmittelbar* möglich

Dabei sind alle Stufen konsekutiv zu verstehen.

In einer Aufgabe zur Elektrizitätslehre sollen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise anhand einer Reihenschaltung mit zwei Glühlampen das 2. Kirchhoffsche Gesetz (Maschenregel) bestätigen. Dazu müssen sie entsprechend der zugrunde liegenden Modellierung des Planens von Experimenten a) geeignete Geräte auswählen, b) eine Skizze anfertigen und c) das Vorgehen beschreiben. An diesem Beispiel lässt sich die Stufenzuordnung für das Item Vorgehensweise planen wie folgt illustrieren:
- Für die Bestätigung des 2. Kirchhoffschen Gesetzes muss in der Planung zunächst ein Stromkreis mit Spannungsquelle und zwei Glühlampen in Reihe erkennbar sein. Dies entspricht der Basisanordnung (Stufe 1).
- Um auch Messungen durchführen zu können müssen Messgeräte integriert werden. Ist erkennbar, dass in der Lösung zumindest *ein* Messgerät zur Messung einer elektrischen Größe verwendet wird, so ist ein messbezogener Ansatz erkennbar (Stufe 2).
- Durch ein richtig eingebautes Spannungsmessgerät ist bereits prinzipiell eine Messung möglich (Stufe 3). Die Aufgabe ließe sich dabei durch das Umstecken der Multimeter vollständig bearbeiten.
- Um die Aufgabe richtig bearbeiten zu können wäre es allerdings sinnvoller die Spannung an den Glühlampen und der Spannungsquelle einzeln abzugreifen. Erst durch diese Anpassung wird von einer *unmittelbar möglichen* Messung gesprochen (Stufe 4).

Für die Kodierung der einzelnen Aufgaben werden auf Grundlage der allgemeinen Stufenbeschreibung konkrete Kriterien für die jeweilige Unit formuliert. Die Bewertungskriterien erfordern zum Beispiel eine genaue Überprüfung, ob entsprechende Geräte auch ausgewählt wurden. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen Beispiele aus den Daten der Large-Scale Erhebung. Die Stufenzuordnung wird nicht allein anhand der dort dargestellten Skizzen getroffen. In die Bewertung geht ebenso ein, welche Geräte ausgewählt wurden und wie der Proband das geplante Vorgehen beschreibt.

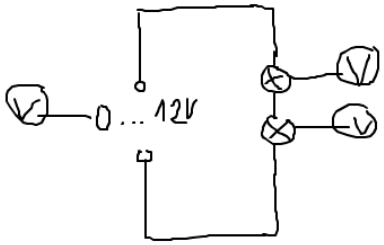


Abb. 1: Beispiel für eine Planung auf Stufe 2. Neben der Basisanordnung (Reihenschaltung) ist durch die Voltmeter ein messbezogener Ansatz erkennbar.

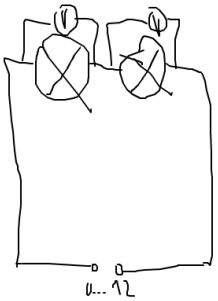


Abb. 2: Beispiel für eine Planung auf Stufe 3. Zwar lässt sich hier die Spannung richtig messen, für eine unmittelbare Messung fehlt allerdings ein Messgerät für die Gesamtspannung.

Anhand der hier beschriebenen grundlegenden Qualitätsstufeneinteilung werden für jede Unit Kriterien erstellt und auf Objektivität überprüft.

Ausblick

Eine zentrale Frage der Konstruktvalidierung im Rahmen des Projekts MeK-LSA ist die Eigenständigkeit des Konstrukts experimentelle Kompetenz. Dazu ist der Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Leistungsbewertung in den Skalen des Experimentiertests zu untersuchen. Da laut Definition des Konstrukts die Performanz vom Fachwissen abhängt, wäre eine höchstens mittlere Korrelation ein Indikator für experimentelle Kompetenz als eigenständiges Konstrukt. Ein weiterer Indikator wäre, wenn unter Beschränkung der betrachteten Fälle auf Probanden, deren Fachwissen über einem bestimmten Schwellenwert liegt, eine höhere Reliabilität der Skalen für die Experimentierkompetenz erreicht wird.

Literatur

Dickmann, M., Eickhorst, B., Theyßen, H., Neumann, K., Schecker, H., & Schreiber, N. (2014). Measuring Experimental Skills in Large-Scale Assessments: Developing a Simulation-Based Test Instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 11 (Robin Millar & Jens Dolin). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.

Dickmann, M., & Theyßen, H. (2013). Curriculare Validität von Units zur Messung experimenteller Kompetenz. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 587–589). Kiel: IPN.

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Berlin: Logos-Verlag.

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

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

von Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften, 16, 95–114.

Emine Erdem[1] [1]Universität Hacettepe
Çağla Çiftçi[2] [2]Magister Studentin
Ümit Işık Erdoğan[1]

Der Einfluss von Versuchen in Naturkunde- und Technologie Unterrichten auf den Erfolg und das Verhalten der Lernenden

Ziel der Studie
Bei dieser Studie wurde die Haltung von Schülern zum Unterricht und zu Laboranwendungen, die im 7. Schuljahr am Naturkunde- und Technologieunterricht teilnehmen untersucht Erforscht wurde der Einfluss auf den Erfolg und der Haltung im Naturkunde- und Technologieunterricht und ob es eine Beziehung zwischen Haltung und Erfolg gibt.

Methode
Bei dieser Untersuchung wurde „Pre- und Posttest Kontrollgruppen Design“ angewendet, welche eines der Experimentellen Designs ist. Die Kontrollgruppe wurde traditionell unterrichtet. Bei der Versuchsgruppe wurden Experimentelle Anwendungen über physikalische und chemische Veränderungen durchgeführt und die zum Thema physikalische und chemische Veränderungen entwickelten Arbeitsblätter wurden verteilt. Bei dieser Arbeit wurde dann beiden Gruppen ein von Barmby et al. (2005) entwickelter Fragebogen aus 21 Items „Haltungsskala Naturwissenschaften und Technologie (HNT)“ durchgeführt. Fragebogen wurde von Kaya und Böyük (2011) auf Türkische adaptiert. Zum Thema „Physikalische und Chemische Veränderungen (PCVT)“ wurde ein Test als Pre- und Posttest angewendet.

Stichprobe
Die Arbeitsgruppe der Studie besteht aus 120 Schülern in zwei Mittelschulen, die im Schuljahr 2013-2014 in der Provinz Zonguldak die 7. Klasse besuchten. In beiden Schulen wurden je eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe gebildet.

Datenanalyse
Bei der Analyse der Daten dieser Studie wurde das Programm SPSS 17 gebraucht. Vor den statistischen Analysen wurden die ganz ausgefüllten Skalen und Erfolgstests festgestellt. Nicht ganz ausgefüllte Skalen und Erfolgstests wurden nicht einberechnet.
Bei der Analyse der Daten über die Haltung und den Erfolg der Gruppen wurden bei den beziehungslosen Messungen zwischen den Gruppen zur Feststellung der Unterschiede der “independent sample-t Test” und zur Feststellung der gruppeninternen Unterschiede der “paired samples-t Test” angewandt.
Zur Bewertung der Daten des zweiphasigen Erfolgstests wurde ein Lösungsschlüssel vorbereitet. Die Antworten der Schüler wurden mit dem Lösungsschlüssel verglichen. Wenn eine Frage in beiden Phasen des Tests richtig beantwortet wurde, wurde die Antwort als richtig bewertet. Für die richtige Antwort teilte man 1 Punkt, für die falsche Antwort 0 Punkte. Die Zahl der richtigen Antworten eines Schülers im Test war mit dem erreichten Testpunkt gleich.

Befunde
Die Ergebnisse des t-Tests über den Unterschied zwischen den Pre- und Posttestpunkten der Schüler von der Kontrollgruppe und Experimentgruppe bezüglich des Haltungsskala

Naturwissenschaften und Technologie und im Test für physische und chemische Reaktionen wird in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle1. Vergleich der Ergebnisse des t-Tests über den Unterschied zwischen den Pre- und Posttestpunkten der Schüler von der Kontroll- und Versuchgruppe bezüglich des Haltungsskala Naturwissenschaften und Technologie und im PCVT

			N	X	S	sd	t	P
Versuch	HNT	Pretest	40	77,52	16,99	39	1,74	,090
		Posttest	40	82,65	17,14			
	PCVT	Pretest	40	1,68	1,63	39	1,43	,160
		Posttest	40	1,93	1,58			
Kontrolle	HNT	Pretest	42	64,92	14,37	41	2,11	,040
		Posttest	42	68,85	13,06			
	PCVT	Pretest	42	1,24	1,51	41	0,802	,427
		Posttest	42	1,48	1,63			

Es wurde festgestellt, dass es bei den Haltungen der Schüler der Versuchsgruppe nach der Experimentanwendung gegen den Naturkunde- und Technologieunterricht und Experimenten ein Zuwachs entstanden ist (t=1,74 p<,090) (Tabelle 1). Laut den PCVT Ergebnissen wurde bei den durchschnittlichen Puntken der Schüler eine Zunahme erreicht. Jedoch wurde diese Zunahme nicht bedeutend bewertet (t(41)=1,43 p<,160). Es wurde festgestellt, dass die Haltung der Schüler der Kontrollgruppe nach dem traditionellen Unterricht gegen den Naturkunde- und Technologieunterricht bedeutend gestiegen ist (t(41)=2,11, p<,040). Bei PCVT ist zwischen den Pre- und Posttestpunkten eine Zunahme beobachtet worden. ($X_{Pretest}$ =1,24 $X_{Posttest}$=1,48). Jedoch wurde dies nicht bedeutend gefunden (t=0,82, p<,427).

Die Ergebnisse des t-Tests der Pre- und Posttestpunkten der Kontroll- und Versuchsgruppe bezüglich der Haltungsskala Naturwissenschaften und Technologie und im Test für physische und chemische Reaktionen wird in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2. Die Ergebnisse des t-Tests der Pre-und Posttestpunkten der Kontrollgruppe und Versuchgruppe bezüglich der Haltungsskala Naturwissenschaften und Technologie und im PCVT

		Gruppe	N	X	S	sd	t	p
Pretest	HNT	Versuch	40	77,53	16,99	80	3,63	0,000
		Kontrolle	42	64,92	14,38			
	PCVT	Versuch	40	1,68	1,62	80	1,26	0,211
		Kontrolle	42	1,24	1,51			
Posttest	HNT	Versuch	40	82,65	17,14	80	4,11	0,000
		Kontrolle	42	68,85	13,06			
	PCVT	Versuch	40	1,93	1,58	80	1,27	0,208
		Kontrolle	42	1,48	1,66			

Zwischen den Pretestpunkten von Schüler der Kontroll- und Versuchsgruppe bezüglich des Naturkunde- und Technologieunterrichts und Experimenten wurde ein bedeutender Unterschied festgestellt. (t=3,63, p<,000). Die Haltung der Versuchsgruppe gegen den Naturkunde- und Technologieunterricht und die Experimente (X=77,53) ist im Gegensatz zu der Kontrollgruppe (X=64,92) positiver. Wenn man die PCVT Pretestpunkte der Kontroll- und der Versuchsgruppe betrachtet, ist der Durchschnittspunkt der Versuchsgruppe (X=1,68)

höher als die der Kontrollgruppe (X=1,24). Dieser Unterschied bei PCVT wurde nicht bedeutend bewertet (t=1,26 p<,0211).
Wenn die Relation von Schüler der Versuch- und Kontrollgruppe bezüglich ihrer Haltung und ihre Erfolgs bearbeitet, ist es eine bedeutende Relation ($r_{Versuch}$= ,545 p<,000; $r_{Kontrolle}$=,521 p<,000) (Tabelle 3).

Tabelle 3. Die Relation der HNT und PCVT-Punkte der Versuchs- und Kontrollgruppe

	Gruppe	N	r	P
Versuch	HNT-PCVT	40	,545	,000
Kontrolle	HNT-PCVT	42	,521	,000

Diese Ergebnisse zeigen, dass zwischen den Haltungen und Erfolgen der Schüler eine mittelmäßige Relation besteht. Es stellte sich heraus, dass der Testpunkt des Schülers hoch ist, dessen Haltungspunkt gegen den Unterricht auch hoch ist.

Debatte

Nach den Befunden der Studie;
Bei den Haltungspunkten und den PCVT-Punkten der Versuchgruppe, mit der man Versuche machte, ist keine bedeutende Zunahme. Man denkt, dass es zwei Faktoren gibt, warum es bei den Haltungspunkten und den PCVT-Punkten keine bedeutende Zunahme gibt. Der eine von diesen ist, dass die Zeit für Versuche zu kurz war und der zweite, dass die Schüler nicht genug motiviert wurden. Die Schüler der Versuchgruppe drückten bei ihren Bewertungen über die Anwendung aus, dass die Zeit für die Versuche zu kurz war und sie an noch mehreren Versuchen teilnehmen wollen. Bei traditionellen Unterrichtsmethoden bekommen die Schüler die Kenntnisse vor sich. Bei Unterrichten mit Versuchsanwendungen nehmen die Schüler aktiv am Unterricht teil. Das Ergebnis der Studie stimmt mit dem Literatur überein (Tezcan; 2004).
In der Kontrollgruppe wurde bei den Haltungspunkten eine bedeutende Zunahme festgestellt (t=2,11; p<,040). Bei den PCVT-Punkten bestand jedoch zwischen den Pre- und Posttestpunkten keine bedeutende Zunahme (t=4,27; p>,427). Bei dem PCVT-Test gab es zwischen den Pre- und Posttestpunkten ein Unterschied, aber dieser Unterschied war statistisch nicht sehr bedeutend. Da bei der Kontrollgruppe die dem Schüler gewöhnliche Methode angewandt wurde, ist es nicht überraschend, dass der Unterschied nicht bedeutend ist.
Bei dem Naturkundeunterricht sollte bei dem Unterrichten der Begriffe der Schüler motiviert werden. Bei der Studie wurde zwischen der Haltung des Schülers zum Unterricht und seinem Erfolg eine Relation festgestellt.
Damit die Schüler die Anwendungen im Naturkundeunterricht miterleben, sollten die nötigen Unterrichtsansätze angewandt werden. Man sollte zur Entwicklung der Haltung der Schüler zum Unterricht und zu Versuchen dies bezügliche Aktivitäten veranstalten. Auf diese Weise wird der Erfolg des Schülers im Unterricht von seiner Haltung abhängend größer werden.

Literatur

Tezcan, H., & Bilgin, E. (2004). Liselerde Çözünürlük Konusunun Öğretiminde Laboratuvar Yönteminin ve Bazı Faktörlerin Öğrenci Başarısına Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(3), 175-191.
Kaya, H.,& Böyük, U. (2011). 130 İlköğretim II. Kademe Öğrencilerinin Fen Ve Teknoloji Dersine Ve Fen Deneylerine Karşi Tutumlari, Tübav Bilim Dergisi, 4(2), 120-130.

Jochen Scheid[1] [1]Universität Landau
Andreas Müller[2] [2]Universität Genf
Rosa Hettmannsperger[3] [3]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Wolfgang Schnotz[1] [4]TU Kaiserslautern
Jochen Kuhn[4]

Erhebung repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Physiklernenden

Hintergrund

Internationale Forschungsergebnisse belegen, dass für ein angemessenes Verständnis von naturwissenschaftlichen Experimenten, Phänomenen und Konzepten unterschiedliche Repräsentationsformen und deren Kohärenz ein wesentlicher Faktor sind (z. B. Gilbert & Treagust, 2009). Es wurde festgestellt, dass das Lernen von und über Experimente hinter den Erwartungen zurückbleibt (z. B. Novak, 1990; Tesch, 2005) und Lernende meist eine geringe Repräsentationskompetenz (RK) besitzen (Saniter, 2003; Nieminen, Savinainen & Viiri, 2010). Eine wichtige Komponente der RK (Dolin, 2007) ist die Fähigkeit von Lernern, Informationen von verschiedenen Repräsentationsformen kohärent aufeinander beziehen und ineinander übersetzen zu können. Diese Fähigkeit wird z. B. bei der Planung und Auswertung von Experimenten benötigt. Erhebungsverfahren für eine solche repräsentationale Kohärenzfähigkeit von Lernern (RKF) gibt es im Bereich der Physikdidaktik nur vereinzelt, sie fehlen bisher im Bereich der Strahlenoptik völlig. Strahlenoptik ist Bestandteil des Lehrplans der 7. bzw. 8. Klasse, reich an verschiedenen Repräsentationsformen und eignet sich daher für RKF-Erhebungen. Der Einsatz des Instrumentes zur RKF im Themenbereich Optik stellt neue Einblicke in das Verständnis des Lernens über Experimente und die Rolle von Repräsentationen in Aussicht.

Ziele der Arbeit

Aus den genannten Gründen ist es zur Schließung von Forschungslücken nötig, Erhebungsinstrumente für RKF im Bereich der Strahlenoptik zu entwickeln und zu validieren. Da die RKF im Schulkontext gemessen werden soll, wird ebenfalls die curriculare Validität untersucht. Die Ergebnisse der Itemanalyse werden nur kurz erwähnt, da der Fokus dieses Artikels auf der Konstruktionsstrategie und der Funktionsweise der Items liegen soll.

Material und Methoden

Die Erprobung der Items erfolgte anhand einer Stichprobe von insgesamt 488 überwiegend 13- und 14-jährigen Schülerinnen und Schülern (M = 13,3 Jahre, SD = 0,54) an 7. bzw. 8. Klassen von rheinland-pfälzischen Gymnasien. Das Thema war „Bildentstehung durch Sammellinsen“ und wurde lehrplankonform konzipiert.

Im Folgenden wird dargestellt, was bei einer Itemkonstruktion zur RKF-Erhebung zu beachten ist. Grundsätzlich genügt es nach Ainsworth (1999) nicht zur Bestimmung der RK, die Leistung an isolierten Repräsentationen zu bestimmen. Man muss auch wissen, ob die Lernenden die Repräsentationsarten ineinander übersetzen können. Es werden also Items gebraucht, welche die Entnahme von Informationen aus mindestens einer Repräsentationsart und die Anwendung dieser Informationen in mindestens einer anderen Repräsentationsart erfordern. Zudem ist es sinnvoll, Hinweise aus der Kognitionspsychologie zur Vermeidung von „extraneous cognitive load“ (lernhinderliche Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses durch inhaltsfremde und unwesentliche Elemente, Mayer, 2005) zu beachten. Eine weitere Anforderung an die Items ist, dass sie curricular valide sind sowie eine praktikable

Testlänge. Ansonsten kann der Test m. E. nicht ohne akzeptables Zeit-Nutzen-Verhältnis im Schulunterricht eingesetzt werden.
Lerner mit geringer Ausprägung an RKF verwenden eher oberflächliche Merkmale, um an die Bedeutung der Repräsentationen zu gelangen, wohingegen Lerner mit höherer Ausprägung an RK mehrere Repräsentationen verwenden können, um Phänomene zu erklären (Kozma & Russell, 1997). Aufgrund der Verbindung von Repräsentationen und der physikalischen Bedeutung erscheint es nicht sinnvoll, RKF abgetrennt vom physikalischen Kontext zu untersuchen. Um sie erheben zu können, ist es daher zielführend zwischen oberflächlicher Verarbeitung und tiefergehender Verarbeitung von Informationen aus Repräsentationen zu unterscheiden. Weil nicht immer ausgeschlossen werden kann, dass eine Antwort durch Verwendung von inhaltsarmen, oberflächlichen Merkmalen oder gar Raten zustande kommen kann, sind Items des Tests öfters mehrstufig ausgelegt: Erst wird nach einer kurzen Antwort gefragt, welche u. U. auch aus Oberflächenmerkmalen abgeleitet werden kann. In einem zweiten oder auch dritten Schritt wird danach gefragt, durch welche Überlegungen oder Denkprozesse die gegebene Antwort zustande gekommen ist.
Für den Test sind 15, teils zusammenhängende Items entwickelt worden. Im Folgenden werden Beispiele solcher verbundener Items angeführt und erläutert.

Ein gewöhnliches Zimmerfenster wird durch eine Sammellinse auf einer Wand in einem Raum abgebildet.

a) Um welchen Bildfall handelt es sich? _____
b) Kreuze an, wie groß die Gegenstandsweite g etwa sein muss!
- □ *g* ist hier ungefähr so groß wie der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
- □ *g* ist hier kleiner als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
- □ *g* ist sehr viel größer als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse
- □ *g* ist doppelt so groß als der Abstand zwischen Wand und Sammellinse

c) Erkläre, wie du auf die Lösung des Aufgabenteils a) und b) gekommen bist!
Aufgabenteil a): _____ ...
Aufgabenteil b): _____ ...

Abb. 1: Zweistufiges Item zur Erhebung von RKF. Item a) und b) gehören zur ersten Stufe, in Item c) wird jeweils nach Lösungswegen bzw. zugrundeliegenden Denkvorgängen gefragt.

Während die Antworten zu a) oder b) in Abbildung 1 noch erraten werden können (für a) „umgekehrtes verkleinertes Bild“ und die dritte Antwortmöglichkeit bei Aufgabenteil b)), geben die geforderten verbalen Erklärungen des Lösungswegs in Aufgabenteil c) Einblicke, welche mentale Repräsentationen mit welcher Prozesstiefe verwendet und mit der Aufgabe verknüpft wurden (woraus auf die Ausprägung an RKF geschlossen werden kann).

Item- und Testkennwerte

Die statistische Itemanalyse an einer Stichprobe mit 488 Schülern hat für die interne Itemkonsistenz einen Wert von α_C = 0,8 ergeben. Das Maß der korrigierten Item-Skala-Korrelation liegt für alle Items außer einem in dem Bereich von r = 0,3 und r = 0,6. Die Lösungswahrscheinlichkeit ist bei allen Items außer einem größer als 0,2. Ein Expertrating hat die curriculare Validität des RKF-Tests nachgewiesen (n = 11, ICC = 0,64).

Diskussion

Die interne Konsistenz kann als mittel bzw. gut und die Item-Skala-Korrelationen können als mittel bewertet werden (vgl. Bühner, 2011). Das Item mit niedriger Item-Skala-Korrelation betrifft die sachlichen und didaktischen Einsatzmöglichkeiten der Abbildungsgleichung, was Metawissen erfragt und somit inhaltlich von den Anforderungen der anderen Items abweicht. Das Item mit der Lösungswahrscheinlichkeit von weniger als 0,2 erfordert inhaltlich einen hohen Grad an RKF und ist folglich nützlich zur Erfassung von hohen RKF-Ausprägungen. Daher kann es im Test verbleiben.

Die mittlere interne Konsistenz und die mittleren Item-Skala-Korrelationen lassen darauf schließen, dass trotz der Zweistufigkeit von Aufgaben der RKF-Test als eindimensional angesehen werden kann und somit dem Planungsziel der Erhebung von RKF als eindimensionaler Kompetenz gerecht wird.

Ausblick

Ergebnisse von Faktorenanalysen (vgl. Scheid, 2013) haben ergeben, dass sich der Test alternativ zum Generalfaktormodell auch in drei Subdimensionen mit inhaltlich zuzuordnenden Inhaltsbereichen aufteilen lässt. Hierüber wird in einer nachfolgenden Publikation berichtet.

Literatur

Ainsworth, S., (1999). The Functions of Multiple Representations. Computers & Education, 33, 131-152.

Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). München: Pearson Studium.

Dolin, J. (2007). Science education standards and science assessment in Denmark. In D. Waddington, P. Nentwig & S. Schanze (Hrsg.), *Making it comparable. Standards in science education*. Münster: Waxmann, 71-82, 77.

Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Hrsg.) (2009). *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer.

Kozma, R. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (9), 949-968, 950, 966.

Mayer, R. E. (2005). Principles for Reducing Extranous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer (Hrsg.). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (183-200). New York: Cambridge University Press.

Nieminen, P., Savinainen, A., Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. In: *Phyical Rev. ST Phys. Educ. Res*., 6 (2).

Novak, J. D. (1990). The Interplay of Theory and Methodology. In: Hegarty-Hazel, E. (Hrsg.). *The student laboratory and the science curriculum*, London, New York: Routledge.

Saniter, A. (2003). Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik. In Niedderer, H., Fischler H. [Hrsg.]. *Studien zum Physiklernen,* Band 28, Berlin: Logos, S. 289.

Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. In Niedderer, H., Fischler H. & Sumfleht E. (Hrsg.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 42, Berlin: Logos.

Scheid, Jochen (2013). Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur. In Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleht E. (Eds.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 151, Berlin: Logos, S. 132.

Steffen Wagner[1]
Burkhard Priemer[1]
Franz Boczianowski[1]
Cedric Linder[2]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin
[2]Universität Uppsala (Schweden)

Analyse des Modellverständnisses Physikstudierender am Beispiel der optischen Brechung

Einleitung

Modelle nehmen in vielen wissenschaftlichen Disziplinen wie etwa in den Natur- und Sozialwissenschaften oder in der Ökonomie einen zentralen Platz ein (Frigg & Hartmann, 2012). Ihre zentrale Rolle beruht darauf, dass sie komplexe Zusammenhänge übersichtlicher und handhabbarer machen. In der Physik sind sie wesentliche Bestandteile der alltäglichen wissenschaftlichen Praxis. Die reduzierte Komplexität von Modellen ermöglicht den Aufbau eines Verständnisses relevanter Eigenschaften und Zusammenhänge eines physikalischen Inhaltsgebietes. Daher haben sie auch für das Lernen von Physik in Schule und Hochschule eine große Bedeutung. Aus dieser Perspektive bedeutet Physiklernen „Modellbildung“ (Kircher, 2009, S. 735). Modelle haben in didaktischer Hinsicht eine Funktion als Bindeglied zwischen alltäglicher oder propädeutischer (Vor-)Erfahrung und eben wissenschaftlicher Praxis, indem sie etwas erklären, voraussagen oder systematisieren (ebd., S. 753 - 757). Die Komplexitätsreduktion oder der „Verkürzungsaspekt“ (Stachowiak, 1973) kann für das Physiklernen jedoch zum Problem werden, wenn beispielsweise dieser reduktive Charakter von Modellen bei der Anwendung an realen und komplexen Phänomenen aus dem Blick gerät. Damit würden Modelle ihre didaktische Bindeglied-Funktion verlieren. Falsche Vorhersagen oder inadäquate Beschreibungen und Erklärungen von Phänomenen wären die Folge. Beispiele dafür lassen sich unter anderem in verschiedenen Abbildungen zur Erklärung der optischen Hebung finden (vgl. Quick & Grebe-Ellis, 2011).

Forschungsinteresse

Unser allgemeines Forschungsinteresse gilt der Frage, welches Verständnis von einem Modell in einem physikalischen Inhaltsgebiet Lernende auf der Basis inhaltstypischer Repräsentationen aufbauen. Als Verständnis wird dabei sowohl die Fähigkeit zur Manipulation innerhalb des Modells als auch die adäquate Verknüpfung des Modells mit realen Phänomenen bezeichnet. Mit inhaltstypischen Repräsentationen sind besonders häufige Abbildungen, Diagramme oder Formulierungen gemeint, wie sie etwa in Lehrbüchern für Schule und Hochschule zu finden sind. Ausgehend von oben genannten Beispielen in der Optik wird das Forschungsinteresse zunächst eingeengt auf die Frage, welches Verständnis des Strahlenmodells von Licht im Bezug zum Phänomen der optischen Hebung Physikstudierende auf der Basis des Strahlendiagramms entwickeln.

Vorangegangene Untersuchungen

In einem ersten Schritt untersuchte Hüttebräuker (2010) mit Hilfe eines Fragebogens erstens, welches Verständnis des Strahlendiagramms Physikstudierende entwickelt haben und zweitens, ob die Studierende ihr Wissen auf die optische Hebung übertragen können. Drittens sollte eruiert werden, welche unterschiedlichen Verständniskonstrukte sich im Kontext der optischen Brechung anhand des Fragebogens finden lassen. Der Fragebogen enthielt 13 Items auf der Basis verschiedener Abbildungen aus Lehrbüchern (Strahlen-diagramme, Fotos, schematische Skizzen). Nach einer Pilotierung wurde das Instrument weltweit bei n=1220 Physikstudierenden mit unterschiedlichem Studienfortschritt eingesetzt.

Eine Reliabilitätsanalyse für alle Items ergab ein Cronbachs Alpha von 0,6988 (Rubow, 2013). Dabei zeigte sich, dass diejenigen Aufgaben, in denen lediglich das Strahlendiagramm manipuliert werden sollte, den Teilnehmern wenig Schwierigkeiten bereitete: Die Lösungshäufigkeiten dieser Aufgaben lag zwischen 63 % und 83 %. Die Übertragung auf Abbildungen zur optischen Hebung fiel dagegen deutlich schwerer. In 7 von 9 Items zu dieser Frage lag die Lösungshäufigkeit bei unter 40 %. Der dritte Untersuchungsschwerpunkt sollte zeigen, ob sich innerhalb des Fragebogens Item-Gruppen bilden, die verschiedenen Verständniskonstrukten entsprechen. Aufgrund der hohen Teilnehmerzahl konnte eine explorative und eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit einem Randomly-Split-Half-Verfahren durchgeführt werden. Dabei wurden drei Faktoren sichtbar.

Beschreibung der Faktoren: Brechung, Hebung, Knickung

Im Anschluss erfolgte eine theoriegeleitete Analyse der Aufgabenmerkmale, um die entstandenen Faktoren inhaltlich beschreiben zu können. Dabei wurden sieben Merkmale identifiziert, unter anderem das Aufgabenformat (Multiple Choice, konstruktiv), der Darstellungstyp (Foto, fotorealistisch, logisch, hybrid), das dargestellte Phänomen (Brechung, Hebung, Knickung) oder die enthaltenen Informationen (Objekt/Bild ist gesucht/gegeben). Jedem Item wurden die einzelnen betreffenden Merkmalsausprägungen zugeordnet. Dabei konnte eine vollständige Deckungsgleichheit der Faktoren (nur) mit dem Merkmal „dargestelltes Phänomen“ gefunden werden: Alle Items, in denen nur das Strahlendiagramm manipuliert werden sollte, sind in einem Faktor („Brechung“) gruppiert. Im zweiten Faktor sind solche Aufgaben zu finden, bei denen die scheinbare „Hebung“ eines punktförmigen Gegenstandes, der sich vollständig unter Wasser befindet, im Fokus steht. Im dritten Faktor sind ausschließlich Abbildungen zu finden, auf denen stabförmige Gegenstände, die sich sowohl in Wasser als auch in der Luft – also beiderseits der brechenden Grenzfläche – befinden, „geknickt“ erscheinen. In der Abb. 1 sind fotografische Repräsentationen dieser drei Faktoren dargestellt.

Abb.1: Fotografische Repräsentationen der Brechung (links), Hebung (Mitte) und Knickung (rechts)

Es konnte somit gezeigt werden, dass Schwierigkeiten sowohl beim Transfer von Aufgaben des Strahlenmodells der optischen Brechung zu Aufgaben mit Phänomenen der optischen Hebung als auch beim Transfer zwischen unterschiedlichen Erscheinungsformen des Phänomens der optischen Hebung auftreten.

Qualitative Untersuchung

Durch eine Interviewstudie sollten die Ursachen für diese Probleme genauer beschrieben werden. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, welche Aussagen bezüglich Vollständigkeit und Korrektheit sich in den Erklärungen der Interviewteilnehmer zu verschiedenen Abbildungen desselben physikalischen Inhaltsgebiets finden lassen. Interviewt wurden sechs Physikstudierende des zweiten bis vierten Semesters sowie sechs Experten (Dozenten) aus der Fachphysik und aus der Didaktik der Physik, die einen Erwartungshorizont für mögliche

korrekte und vollständige Erklärungen liefern sollten. Die Teilnehmer erhielten den Auftrag, den gezeigten Inhalt von vier Fotografien erklären, von denen drei in der Abb. 1 zu finden sind. Ein weiteres Foto zeigte einen versetzt erscheinenden Stab bei seitlichem Einblick in ein Aquarium auf Höhe der Grenzschicht zwischen Luft und Wasser, wobei dieser Stab senkrecht in dem Aquarium steht. Es wurde erwartet, dass die Lücken und fachlichen Inkorrektheiten in den Erklärungen Schlussfolgerungen auf die Schwierigkeiten für die Übertragung sowohl auf die Phänomene und als auch zwischen den verschiedenen Erscheinungsformen der Phänomene zulassen werden. Die Auswertung erfolgt derzeit angelehnt an die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Analysiert werden das aufgenommene sprachliche Material sowie die von den Interviewteilnehmern angefertigten Skizzen. Es konnten bereits einige Erkenntnisse zutage gefördert werden. So zeigt sich, dass die Erklärung der Brechung eines Laserstrahls kaum Probleme bereitet. Dagegen lassen sich bei der Übertragung auf verwandte Phänomene unvollständige und inkorrekte Erklärungen sowohl bei den Studierenden wie auch bei den Experten finden. Die Hauptschwierigkeiten scheinen ihre Ursachen erstens in der mangelnden Fähigkeit zur mentalen Drehung der einzelnen Abbildungen zu haben, also im Wechsel zwischen der in die Sichtbeziehung eingebundenen Perspektive bei den Fotos der Phänomene und der abgelösten Perspektive im Foto des gebrochenen Laserstrahls (vgl. Müller & Schön, 2009). Eine zweite Ursache lässt sich in der fehlenden Kenntnis über die Regeln zur Bildkonstruktion in der Optik verorten, wie z. B. die Unterscheidung zwischen einem Objekt und seinem (scheinbaren) Bild. Diese Lücken führen auch dazu, dass der Transfer zwischen den verschiedenen Erscheinungen des Phänomens den Studierenden nur schlecht gelingt.

Fazit und Ausblick

Es ist bisher gelungen, zum einen zu zeigen, dass das Manipulieren des Strahlenmodells wenig Probleme bereitet. Des Weiteren konnten am Beispiel der optischen Brechung erste fehlende bzw. fachlich inkorrekte Elemente gefunden werden, die jedoch für das Verständnis des Zusammenhangs von Strahlenmodell und Alltagswelt zentral sind. Im weiteren Verlauf kann nun analysiert werden, inwieweit auf diese Elemente in Lehrbüchern beim Aufbau eines umfassenden Modellverständnisses implizit oder explizit eingegangen wird, woraus wiederum Konsequenzen für eine mögliche Überarbeitung gezogen werden können. Parallel dazu werden weitere Phänomen-Modell-Zusammenhänge auf anderen physikalischen Inhaltsgebieten untersucht, um dort ähnliche Konsequenzen ziehen zu können. Damit soll ein tieferes Verständnis vom und ein leichterer Zugang zum physikalischen Modellverständnis geschaffen werden.

Literatur

Frigg, R. und Hartmann, S., (2012), Models in Science. In E.N. Zalta (Hg.), The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2012 Edition), URL = http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/

Hüttebräuker, N. (2010), Empirische Untersuchung zum Verständnis ikonischer Repräsentationen am Beispiel der optischen Brechung, Masterarbeit, Ruhr-Universität Bochum

Kircher, E. (2009). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz, P. Häußler (Hg.), Physikdidaktik: Theorie und Praxis, Berlin: Springer

Mayring, P (2010), Qualitative Inhaltsanalyse, Weinheim: Beltz

Müller, M. und Schön, L.-H. (2009), „Eingebundene“ versus „abgelöste“ Perspektive – Vorschlag einer Begriffsklärung. In D. Höttecke (Hg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, GDCP Jahrestagung in Schwäbisch-Gmünd 2008, Münster: LIT, 217-219

Quick, T. und Grebe-Ellis, J. (2011), Wo wird das Bild einer unter Wasser liegenden Münze gesehen? PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2011

Rubow, J. (2013), Bildhafte Darstellungen der optischen Brechung – Auswertung einer empirischen Datenerhebung, Masterarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin

Stachowiak, H. (1973), Allgemeine Modelltheorie, Berlin: Springer

Susanne Heinicke Universität Münster

Alle machen Fehler?
Die klassische Fehlerrechnung neu gedacht

Das Problem mit den (Mess-)Fehlern

Messfehler – oder genauer gesagt Messunsicherheiten – sind im Physikunterricht und physikalischen Praktikum selten willkommen. Wenn überhaupt werden sie meist zu Ende des Experimentes zügig abgehandelt, da für eine intensivere Diskussion an dieser Stelle auch meist die Zeit fehlt. Allerdings taucht die Notwendigkeit, die Unsicherheit beim Messen explizit zum Thema zu machen, nicht erst bei der Ergebniskorrektur oder der Rechtfertigung eines halbgaren Endwertes auf. Sie ist vielmehr elementarer Bestandteil jeder experimentellen Entscheidungssituation während des gesamten Experimentierprozesses, beispielsweise bei den Fragen:

- Wie exakt ist die gesuchte Messgröße definiert?
- Wie stabil erscheint der Messaufbau? Wie vertrauenswürdig sind die Messinstrumente?
- Wie viele signifikante Stellen sollen angegeben werden (digitale Anzeige)? Wie genau lässt sich der Messwert ablesen (analoge Anzeige)?
- Wird die Messunsicherheit durch eine Wiederholung der Messung geringer?
- Wie viele Stellen sollen bei einer indirekt bestimmten Messgröße oder einem Mittelwert angegeben werden?
- Stimmt der erhaltene Wert mit dem erwarteten / mit dem meiner Nachbargruppe / mit meinen Vorabüberlegungen überein?

Die Reflexion der Unsicherheit beim Messen hat entsprechend wesentliche Bedeutung für die Kompetenzentwicklung der Lernenden in Bezug auf ihr experimentelles Handeln, prozedurales Verstehen und ihre Bewertungskompetenz. Wie lassen sich entsprechende Lerngelegenheiten im Unterricht einbauen? Auf welche Vorstellungen und Kompetenzen der Lernenden lässt sich dabei aufbauen? Mit welchen konträren Vorstellungen muss man sich gegebenenfalls auseinandersetzen? Die folgende Diskussion zeigt einen zur konventionellen Fehlertheorie alternativen Weg auf, Messunsicherheiten im Physikunterricht konstruktiv zu begegnen und sie zum Ausgangspunkt des Lernens über die experimentellen Naturwissenschaften und die Bewertung von Messdaten zu machen. Dabei werden bereits bestehende Forschungsergebnisse zu Lernendenvorstellungen zum Umgang mit Messdaten und ihren diesbezüglichen grundlegenden Kompetenzen einbezogen.

Zwei Grundausrichtungen: empirisch und fachlich

Sowohl in den bisherigen empirischen Studien als auch von fachlicher Seite lassen sich zwei elementar unterschiedliche Grundausrichtungen im Reden über Messfehler differenzieren: Lubben und Millar (1996) sowie Allie et al. (1998) und Heinicke (2012) stellten in einer Befragung unter Schülerinnen und Schülern und Physikstudierenden fest, dass die meisten von ihnen das Ergebnis einer Messung durch einen reinen Zahlenwert (*point*) repräsentiert sahen. In der Konsequenz legten für diese Lernenden wiederkehrende Zahlenwerte innerhalb einer Messreihe nahe, dass es sich bei diesen um den gesuchten, wahren Wert der Messgröße handele. Nur exakt gleiche Endergebnisse bedeuteten experimentelle Übereinstimmung. Demgegenüber steht ein als *Set-Paradigma* bezeichnetes Verständnis. Dies beschreibt die Vorstellung, dass das Ergebnis einer Messung durch ein *Set*, eine Gesamtheit von Messdaten beschrieben wird, deren bester Repräsentant (oftmals der Mittelwert) die gesuchte Messgröße bestmöglich beschreibt. Auf eine Einzelmessung bezogen bedeutet dies, das Ergebnis der Messung als ein „Set“, also ein Wertintervall in Frage kommender Werte zu

verstehen. Aus fachlicher Sicht spiegelt sich das Set-Verständnis im bayes'sch geprägten ISO-Leitfaden zur Ermittlung der Unsicherheit beim Messen (GUM) wider (s. Infokasten).

GUM: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
Auf Betreiben aus Forschung und Industrie veröffentlichten ISO/BIPM in den 1990er Jahren einen „Leitfaden zur Unsicherheit beim Messen". Grundlage ist eine bayes'sche Interpretation des Wahrscheinlichkeitsbegriffs und die Berücksichtigung von mehr Wahrscheinlichkeitsverteilungen als nur die Normalverteilung.

Ansatz nach GUM
In Bezug auf Unterricht und Lehre lässt sich dieser Ansatz nach GUM als Alternative zur konventionellen Fehlertheorie entwickeln. Der hier vorgestellte Ansatz unterscheidet sich dabei, wie diskutiert, in seiner *Grundausrichtung*, aber auch in *Strategie* und *Ziel* vom konventionellen: Beispielsweise ist der konventionelle Umgang mit Messunsicherheiten (üblicherweise dort *Messfehler* genannt) geprägt durch eine Strategie der getrennten Evaluation von Ergebniswert und Messfehler. Das Ziel wird dadurch meist limitiert auf einen Ergebnisvergleich innerhalb dieser Fehlergrenzen. Im alternativen Ansatz hingegen wird die Information der Messung ganzheitlich als Werteintervall aller in Frage kommenden Werte beschrieben. Als Ziel steht hier die Beurteilung der Qualität der Messung anhand der Breite des Intervalls oder der Vergleich zweier Werteintervalle bezüglich ihrer Übereinstimmung:

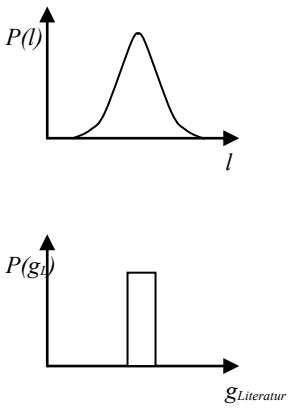


Abb. 1: Das Ergebnis als Werteintervall mit zugehöriger Vertrauensangabe (Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung) für die Beispiele Messung einer Länge l oder Literaturwert zur Erdbeschleunigung g.

Grundausrichtung: Anstelle von reinen Zahlenwerten wird das Ergebnis einer Messung als Werteintervall notiert. Dies kann als eindimensionales Intervall geschehen oder auch als graphische Darstellung des Vertrauens in die Werte innerhalb des Intervalls in Form einer Wahrscheinlichkeitsfunktion (vgl. Abb. 1).
Strategie: Als Ziel der experimentellen Auseinandersetzung mit der gesuchten Messgröße liegt hier die Optimierung der Genauigkeit der Information nahe, die durch die Breite der Werteintervalls, bzw. Wahrscheinlichkeitsfunktion charakterisiert wird.
Ziel: Anhand der Intervalldarstellung lassen sich Ergebnisse anschaulich vergleichen und diskutieren, beispielsweise anhand des Überlapps zweier Intervalle. Auch wissenschaftliche Ergebnisse (Literaturwerte) lassen sich in diese Betrachtung leicht integrieren, indem sie ebenfalls als Werteintervalle dargestellt werden (beispielsweise die Erdbeschleunigung g zum angegebenen Literaturwert 9,81 m/s^2 als Intervall zwischen 9,805 und 9,814 m/s^2)

Ergebnisse der bisherigen empirischen Untersuchungen
In einer schriftlichen Studie wurden über 200 Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse zu ihren Vorstellungen im Umgang mit Messdaten und Messunsicherheiten befragt. In zwei der Klassen wurden die Lernenden außerdem gebeten, Informationen in Form von Werteintervallen und Wahrscheinlichkeitsfunktionen darzustellen. Die Ergebnisse zu ersterem wurden oben bereits gestreift. Für die Frage nach der Umsetzbarkeit des vorgeschlagenen alternativen Ansatzes sind allerdings auch die Ergebnisse zum zweiten Punkt von entscheidender Bedeutung. Die Lernenden wurden innerhalb der Erhebung gebeten, gegebene Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu interpretieren, selbständig Informationen in Form von Werteinter-

vallen und Wahrscheinlichkeitsfunktionen darzustellen und schließlich weitere Informationen in diese Darstellung einzubetten. Die Antworten und Zeichnungen der Befragten zeigten in der überwiegenden Mehrheit eine weitreichende Kompetenz im Umgang mit dieser Darstellungsform, beispielsweise in dieser für viele Antworten repräsentativen Rückmeldung zur Interpretation einer Rechteckverteilung: „…dass die Wahrscheinlichkeit … gleich ist und [beim Wert x] erst beginnt". Die in Abb.2 dargestellte selbstgezeichnete Verteilung wurde mit der Erläuterung versehen: „Die meisten [Ergebniswerte] liegen um das Fähnchen herum! Deswegen ist der Graph dort am höchsten." Zusätzliche Informationen wurden ebenfalls eingebettet und führten in allen Fällen zu einer Veränderung der gezeichneten Verteilung.

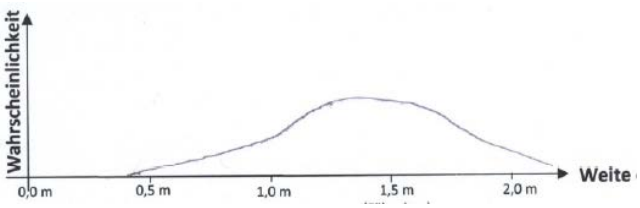


Abb. 2: Auszug aus einem Fragebogen der empirischen Studie Darstellung von Information als Wahrscheinlichkeitsverteilung.

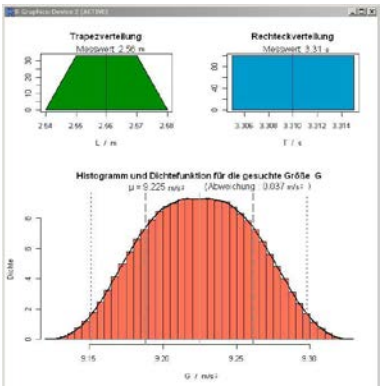


Abb. 3: Darstellung von Input- und Outputverteilungen erstellt durch die beschriebene Software.

Gerade für höhere Klassenstufen und Hochschulpraktika wäre es hier geboten, im nächsten Schritt die Kombination der Wahrscheinlichkeitsverteilungen mehrerer Eingangsgrößen nach der entsprechenden Gleichung zur Verteilung der gesuchten (indirekt bestimmten) Messgröße zu kombinieren. Hierzu wird derzeit eine Online-Software entwickelt, deren In- und Output Abbildung 3 zu entnehmen ist. In unteren Klassenstufen könnte hier die vereinfachte Darstellung der Verteilung als Werteintervall ohne Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit herangezogen und die Breite des resultierenden Ergebnisintervalls anhand von Minimum- und Maximumabschätzungen vorgenommen werden. Dazu werden nicht nur die Bestwerte der Eingangsgrößen in die Gleichung eingesetzt, sondern auch die Minimal-, bzw. Maximalwerte der Intervalle.

Fazit

Die Diskussion der Unsicherheit einer Messung ist eine wichtige Lerngelegenheit für Schülerinnen und Schüler, um ihre Bewertungskompetenz, um ihren kritischen Umgang mit Datenmaterial und ihr Verständnis von der Natur und Arbeitsweise der Naturwissenschaften zu fördern. Anhand gängiger Experimentiersituationen und am besten offenen Aufgabenstellungen entwickelt sich die Betrachtung der begrenzten experimentellen Genauigkeit von einem ungeliebten Gast zu einem entscheidenden Faktor im Erkenntnisprozess.

Literatur

Allie, S., Buffler, A., Kaunda, L., Campbell, B., & Lubben, F. (1998). First year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. International Journal of Science Education, 20(4), 447-459.

Heinicke, S. (2012). Aus Fehlern wird man klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des Messfehlers. Berlin: Logos.

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, 18(8), 955-968.

Antony Crossley Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Erich Starauschek

Online-Hausaufgaben im Physikunterricht

Das World Wide Web (WWW) hat für Lehrende und Lernende als Informationsquelle eine große Bedeutung erlangt. Lehrerinnen und Lehrer nutzen es zur Unterrichtsvorbereitung. Im Kontext außerschulischen Lernens verwenden es Schülerinnen und Schüler zur Vorbereitung von Referaten und Präsentationen und zur Bearbeitung ihrer Hausaufgaben. In der Physikdidaktik liegen keine empirischen Befunde über die Lernwirksamkeit, insbesondere der Nutzung des Internets, bei der Hausaufgabenbearbeitung vor. Das führt zu der Frage, ob und wie sich das WWW gewinnbringend für LehrerInnen und SchülerInnen einsetzen lässt. Die praktische Voraussetzung ist gegeben: Beide Gruppen verwenden das Internet bereits. Eine Möglichkeit, das Internet in die Hausaufgabenbearbeitung zu integrieren, besteht im Angebot von Online-Hausaufgaben, die mit Lösungshinweisen – z. B. einer Linkliste – aus dem WWW versehen werden. Der praktische und ökonomische Vorteil dieser Methode lässt sich leicht begründen. Lehrende können während der Unterrichtsvorbereitung Links, die für die Bearbeitung der Hausaufgaben geeignet sind, ohne größeren zusätzlichen zeitlichen Aufwand sammeln. Durch die Bereitstellung der Linklisten erhalten Lernende zur Bearbeitung ihrer Hausaufgaben zielführend Informationen. Diese Überlegungen führen zu einer konkreten Forschungsfrage: Fördern Linklisten bei online gestellten Physikhausaufgaben den Wissenserwerb?

Stand der Forschung

(i) *Internetnutzung:* Das WWW wird von Lehrerinnen und Lehrern regelmäßig zur Unterrichtsvorbereitung verwendet (z. B. Michel, 2008). Ferner nutzen Schülerinnen und Schüler im Sekundarstufenalter das Internet in relevantem Umfang für außerschulische Lernaktivitäten (z. B. Feierabend et al., 2014). Dies gilt auch für den Physikunterricht (Crossley, 2013). Damit ist eine Voraussetzung für unseren Ansatz gegeben. (ii) *Hausaufgaben im Physikunterricht:* Eine Befragung unter PhysiklehrerInnen ergab, dass etwa die Hälfte der Befragten regelmäßig Hausaufgaben im Physikunterricht einsetzt (Crossley & Starauschek, 2014a). Ein vergleichbarer Befund zur Häufigkeit des Einsatzes von Hausaufgaben findet sich auch für den Chemieunterricht (Sumfleth, Kieren & van Ackeren, 2011). Damit spielen Hausaufgaben im Physikunterricht und die Frage nach deren Wirksamkeit auf den Lernerfolg eine entscheidende Rolle. Bisher zeigen die Befunde der Hausaufgabenforschung einen Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Hausaufgaben für Kern- bzw. Hauptfächer, z. B. der Mathematik (Zfg. z. B. Hattie, 2009). Die Aussagen der Hausaufgabenforschung sind inzwischen differenziert. Wir wollen dies nur andeuten: Beispielsweise wirkt sich die insbesondere regelmäßige Bearbeitung von Hausaufgaben positiv auf die Schulleistungen aus, so wie die „Qualität“ der Hausaufgaben, z. B. die Passung zum Unterricht (z. B. Trautwein, 2008). Erste Hinweise darauf, dass Hausaufgaben im Physikunterricht wirksam sein könnten, liefert eine Interventionsstudie der Chemiedidaktik (Kieren, 2008). Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass zur Wirksamkeit von Hausaufgaben im Fach Physik keine empirischen Studien vorliegen. Für diese Behauptung spricht eine erste Analyse der gängigen Lehrbücher der deutschsprachigen Physikdidaktik. Dort wird das Thema Hausaufgaben nicht explizit angesprochen (z. B. Hopf et al., 2011; Kircher et al., 2009). Die Forschungslücke ist also deutlich erkennbar. Aus dem Stand der Forschung lassen sich damit die unterschiedlichsten Forschungsfragen ableiten. Da das WWW eine relevante Veränderung der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler

darstellt, und von diesen bereits zur Bearbeitung ihrer Hausaufgaben verwendet wird, haben wir uns für die oben genannte Forschungsfrage entschieden.

Design und Stichprobe

Design: Die Intervention ist als niederschwellige, quasiexperimentelle Studie im Pre-Post-Test-Design angelegt, auf die Unterrichtseinheit Wärmelehre fokussiert und soll mehrebenenanalytisch ausgewertet werden. Die Lernenden bearbeiteten die Hausaufaufgaben in einem Onlineportal. Die Hausaufgaben konnten von den Lehrpersonen passend zu ihrem regulären Unterricht ausgewählt werden. Dabei sind zwei Gruppen zu unterscheiden: Die Treatmentgruppe erhielt als Intervention im Onlineportal vorstrukturierte Linksammlungen zu fachlich richtigen und zur Hausaufgabenbearbeitung zielführenden Informationen. Die Kontrollgruppe erhielt diese Linklisten nicht. Lernende der Kontrollgruppen hätten die gleichen Quellen selbstständig im WWW finden können. Eine detailliertere Beschreibung der Studie findet sich in Crossley & Starauschek (2014b). Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Aufgabe im Onlineportal:

Abbildung 1: Onlineportal mit Linksammlung (links) und ohne Linksammlung (rechts)

Die Unterrichtseinheit dauerte durchschnittlich sieben bis acht Unterrichtswochen und wurde in der Regel mit zwei Wochenstunden unterrichtet. Die Erhebung der abhängigen Variablen Wissenszuwachs erfolgte über einen Fragebogen zu Basiskonzepten in der Wärmelehre, der sich aus einer inhaltsvaliden und reliablen Skala mit 21 Items (α_{PRE}=.71, α_{POST}=.77) zusammensetzt. Als zusätzliche Variable wurde neben anderen auch das Geschlecht erhoben.

Stichprobe: An der Hauptstudie nahmen $N = 910$ Schülerinnen und Schüler aus 35 Gymnasialklassen der 9. Klassenstufe teil, die aus unterschiedlichen Regionen in Baden-Württemberg rekrutiert wurden. Die Stichprobe ist mit N=19 Treatmentklassen (487 SuS) und N=16 Kontrollklassen (423 SuS) auf Klassenebene randomisiert.

Ergebnisse und Diskussion

Treatment- und Kontrollgruppe unterschieden sich hinsichtlich einer Reihe von wichtigen Kontrollvariablen nicht signifikant. Dazu zählen z. B. das Vorwissen, die kognitive Grundfähigkeit, das Selbstkonzept im Fach Physik und das mittlere Alter. Die Klassen weisen angesichts der Homogenität der Stichprobe eine große Varianz in der abhängigen Variable auf (ICC_{POST} = .09), sodass die hierarchischen Datenstruktur bei der Datenanalyse Berücksichtigung finden sollte. Die Mehrebenenanalyse wurde mit MPlus (Version 7) durchgeführt. Tabelle 1 zeigt zwei Modelle: Neben Treatment und Vorwissen (M1) wird im Modell M2 zusätzlich das Geschlecht als Prädiktor berücksichtigt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Mehrebenenanalyse

Modell	**M1**		**M2**	
	β	*(SE)*	***β***	*(SE)*
Intercept	**8.10*** **	(1.70)	**8.01*** **	(1.30)
Klassenebene (Level 2)				
Treatment (ohne Links=0, mit Links=1)	**.61*** **	(.16)	**.58** **	(.18)
Schülerebene (Level 1)				
Vorwissen	**.56*** **	(.02)	**.56*** **	(.02)
Geschlecht (weiblich=0, männlich=1)			**.06***	(.03)
Erklärte Varianz R^2				
Klassenebene (L2)	.37	(.19)	.33	(.18)
Schülerebene (L1)	.32	(.02)	.33	(.02)
Devianz *D*	4712,73		4675,18	

β = Standardisierter Regressionskoeffizient, *SE* = Standardfehler, *** = $p<.001$, ** = $p<.01$, * = $p<.05$

Beide Modelle zeigen, dass sich die Verwendung der Linklisten positiv auf den Lernerfolg im Wissenstest auswirkt. Obwohl sich in M2 zusätzlich ein signifikanter Effekt zugunsten der Jungen zeigt, ist dieser als klein und vernachlässigbar einzustufen.
Damit konnten die Ergebnisse der Pilotierung in der Hauptstudie repliziert werden (Crossley & Starauschek, 2014b). Der Effekt der schwachen Intervention ist somit als stabil und im Vergleich der Betagewichte der Prädiktoren Treatment und Vorwissen als groß einzuschätzen.

Hinweis: Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg: Kooperatives Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg, sowie durch die Forschungsförderung der PH Ludwigsburg.

Literatur

Crossley, A. (2013). Verwenden Jugendliche das Internet zum Physiklernen? Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 62, Nr. 8.

Crossley, A. & Starauschek, E. (2014a, im Druck). Unterstützen Hausaufgaben das Physiklernen? PhyDid B, DPG – Frankfurt am Main 2014, Didaktik der Physik.

Crossley, A. & Starauschek, E. (2014b). Unterstützen internetgestützte Hausaufgaben das Physiklernen? In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN.

Feierabend, S., Karg, U. & Rathgeb, T. (2014). JIM-Studie 2014. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.), Stuttgart. Online-Quelle: http://www.mpfs.de/fileadmin/JIMpdf14/JIM2014_Endversion.pdf (Stand: 10/2014).

Hattie, J. (2009). Visible Learning. London, New York: Routledge.

Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hrsg.) (2011). Physikdidaktik kompakt: Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis Verlag

Kieren, C. (2008). Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base. Berlin: Logos Verlag.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2009). Physikdidaktik: Theorie und Praxis (Springer-Lehrbuch). Springer, Berlin.

Michel, L. P. (2008). Digitale Schule – Wie Lehrer Angebote im Internet nutzen. Technischer Bericht, Institut für Medien- und Kompetenzforschung, Essen.

Sumfleth, E. & Kieren, C. & van Ackeren, I. (2011). Hausaufgabenpraxis im Gymnasium – Empirische Befunde am Beispiel eines ‚Nebenfachs'. Die Deutsche Schule, 103, 3, S. 252-267.

Trautwein, U. (2008). Hausaufgaben. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), Handbuch der Pädagogischen Psychologie, S. 563-576. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Evelin Schröter[1] [1]PH Schwäbisch Gmünd
Roger Erb[2] [2]Goethe-Universität Frankfurt a.M.

Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben

Werden Lernende zu Physik befragt, berichten sie häufig eine im Vergleich zu anderen Fachbereichen eher gering ausgeprägte Kompetenzerwartung. Motivationalen Faktoren und insbesondere Kompetenzerwartungen kommen aus lernpsychologischer Sicht eine besondere Bedeutung im Lernprozess zu (u. a. Bandura, 1995). Der Grad ihrer Ausprägung beeinflusst die individuellen Entscheidungen der Lernenden zum Handeln und damit die Intensität der Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt, denn selbstgesteuert setzt man nur das um, was lohnenswert und machbar ist (Rheinberg, 2004, S.28). Langfristig wird ein positiver Einfluss auf das Interesse am Fach Physik erwartet, wenn das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten beim Lösen fachspezifischer Aufgabenstellungen gestärkt wird. Im Rahmen unserer empirischen Studie wurde untersucht, welchen Einfluss das Lösen von physikalischen Aufgaben in einer problemorientiert gestalteten Lernumgebung auf die Veränderung der physikspezifischen Kompetenzerwartung ausübt. Ein zentrales Anliegen war es, zu klären, ob und in welcher Weise durch das wiederholte, selbständige Aufgabenlösen die Handlungsqualität sowie eine optimistische physikspezifische Kompetenzerwartung der Lernenden beeinflusst werden und welche Merkmale der Person und der Lernsituation unter diesem Blickwinkel besonders bedeutsam sind. Zur Untersuchung wurde die computergestützt konzipierte Lernumgebung „denkwerkstatt-physik“ [3] in fünf Klassen der Stufen 7 bis 9 in zwei Schulformen (Realschule, Gymnasium) in Baden-Württemberg eingesetzt. Insgesamt wurden 294 Datensätze ausgewertet. Das Konzept der „denkwerkstatt-physik“ ist bei Schröter & Erb (2008) nachzulesen und soll an dieser Stelle nicht im Detail erläutert werden. Hervorzuheben ist, dass die Lernenden als Unterstützung zur Aufgabenlösung Denkanstöße in Form von sogenannten Lösungstipps erhalten, die unabhängig voneinander und in beliebiger Anzahl ausgewählt werden können. Diese Denkanstöße orientieren sich an unterschiedlichen Heurismen und Strategien zum Problemlösen und umfassen jeweils mehrere im Zusammenhang stehende Teilschritte, die in relativ kurzen Zeitabschnitten bearbeitet werden können. Der Lösungsprozess kann mit einer exemplarischen Erklärung des zu Grunde liegenden physikalischen Phänomens abgeschlossen werden, sobald die Ausgangsfrage vom Lernenden richtig beantwortet wurde.

Methode und Verlauf

Um den Einfluss von Personmerkmalen (u. a. Lern- und Leistungsmotive) und von Merkmalen der Lernumgebung zum Aufgabenlösen auf die Veränderung der physikspezifischen Kompetenzerwartung im zeitlichen Verlauf der Untersuchung zu klären, wurde ein Design mit Treatment- und Kontrollgruppe gewählt (N_T = 145; N_K = 149). Während die Lernenden der Treatmentgruppe die komplette Lernumgebung mit allen Lösungstipps einsetzen konnten, erhielt die Kontrollgruppe eine Lernumgebung mit ausschließlich fachwissenschaftlichen Grundlagen in Form eines sogenannten ‚Werkzeugkastens‘ als Unterstützung. In allen Klassen wurde eine neunzigminütige Unterrichtsstunde als Instruktionsphase zur Einführung der Lernumgebung vom Versuchsleiter durchgeführt. Die Vorstellung der Lernumgebung erfolgte exemplarisch an Aufgaben, die in der nachfolgenden

[3] Die Lernumgebung ist über „denkwerkstatt-physik.de“ im World Wide Web abrufbar und online zu bearbeiten. Das Projekt wird aktuell gefördert von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung. Die „denkwerkstatt-physik“ bietet Möglichkeiten zum individualisierten Lernen und kann sowohl im als auch ergänzend zum Physikunterricht eingesetzt werden.

Studie keine Rolle spielten. Die Lernumgebung wurde zu jedem Zeitpunkt auf für diesen Zweck vorbereiteten Tablet-PCs zur Verfügung gestellt. Im gesamten Zeitraum der Studie war die „denkwerkstatt-physik“ nicht per Internet abrufbar.
Von den Lernenden wurden insgesamt zehn Knobelaufgaben aus den Themenbereichen Mechanik, Wärmelehre und Optik in Einzelarbeit gelöst. In beiden Gruppen wurden in einem Pretest konfundierende Merkmale wie Geschlecht, kognitive Fähigkeiten, fachspezifisches Grundwissen, aufgabenbezogenes Vorwissen, physikbezogenes Fachinteresse und Selbstkonzept, die Attraktivität der Beschäftigung mit Denk- und Knobelaufgaben, Wissen über Problemlösestrategien sowie die computerbezogene Kompetenzerwartung erfasst. Des Weiteren wurden im zeitlichen Verlauf der Studie die aktuelle Motivation (zwei MZP), das Kompetenzerleben beim Aufgabenlösen (retrospektiv, drei MZP) und die physikspezifische Kompetenzerwartung (zwei MZP) gemessen. Neben Selbstauskünften der Probanden wurden logfile-Daten erhoben und in die Auswertung einbezogen.

Ergebnisse
An dieser Stelle sollen ausschließlich Befunde zum Interventionseffekt zusammenfassend berichtet werden. Detaillierte Berichte zu Hypothesen sowie die im exploratorischen Segment der Studie, welches stärker erkundende und evaluative Züge trägt, getroffenen Aussagen, sind in der Veröffentlichung zur Dissertation nachzulesen. Um den Einfluss von Merkmalen der Person und der Lernumgebung zu erklären, wurden Pfadmodelle erstellt (vgl. dazu exemplarisch Abb. 1). Dabei wurden die neben der physikspezifischen Kompetenzerwartung zum MZP 1 erhobenen Lern- und Leistungsmotive erfolgszuversichtlichen bzw. misserfolgsvermeidenden Motiven zugeordnet. Die Motivation der Lernenden wurde mithilfe der aktuellen Interessiertheit und Erfolgszuversicht sowie der individuellen Wahrnehmung der Aufgabe als Herausforderung beschrieben. Erwartet wird, dass die Intervention durch unterschiedliches Kompetenzerleben von Treatment- und Kontrollgruppe abgebildet wird und zu einer unterschiedlichen zeitlichen Veränderung der physikspezifischen Kompetenzerwartung (PKE) im zeitlichen Verlauf der Studie führt.

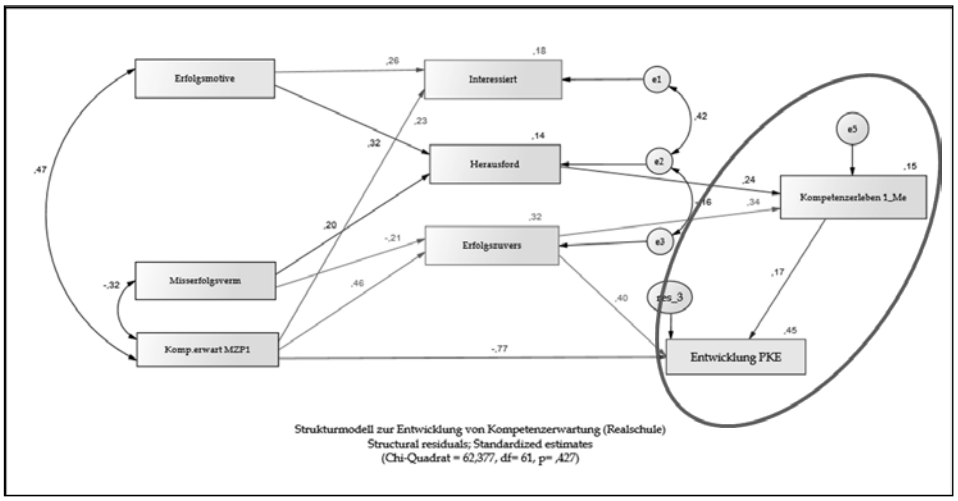


Abbildung 1: Pfadmodell zum Einfluss von Motiven und Motivation auf die Entwicklung physikbezogener Kompetenzerwartung (PKE)

Die Parameter des Einflusses der Motive auf die Subskalen der Motivation (Interessiertheit, Herausforderung, Erfolgszuversicht) werden im Modell konstant gehalten, um die gleichen

Voraussetzungen der Gruppen zu gewährleisten. Signifikante Unterschiede zwischen den Pfadkoeffizienten von Treatment- und Kontrollgruppe sollten dann nachweisbar sein, wenn die Parameter indirekter Effekte, die u. a. über Kompetenzerleben vermittelt werden, freigesetzt werden. Tabelle 1 zeigt exemplarisch die standardisierten totalen Effekte bei Moderation durch den Treatmentfaktor (Gruppenvergleich).

Tabelle 1: Pfadkoeffizienten von Treatment- (T) und Kontrollgruppe (K) der Realschule

Standardized Total Effects für RS (randomisiert)					
	Gruppe	PKE MZP1	Herausford (AM)	Erfolgszuv (AM)	KEL Me
Erfolgszuv (AM)	T	,494***			
	K	,494***			
KEL_Me	T	,257***	,179*	,521***	
	K	,145**	,323**	,294**	
Entw PKE	T	- ,518***	,245**	,548***	,055
	K	- ,458***	- ,239*	,323***	,224**
Invarianzebene: Structural residuals Two Tailed Significance (BC): * p< 0,1; ** p< 0,05; *** p<0,01					

Im Modell fällt die Wirkung der zum ersten MZP vorhanden physikspezifischen Kompetenzerwartung auf deren Entwicklung auf. Werden direkte und indirekte Effekte getrennt voneinander inspiziert, wird anhand unterschiedlicher Vorzeichen der Koeffizienten ein Supressoreffekt deutlich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Rahmen der Studie physikspezifische Kompetenzerwartung durch das Bearbeiten problemorientierter Aufgaben in einer multimedialen Lernumgebung positiv beeinflusst wurde (N= 257; dz = 0.24; (1-β) = 0.71). Die Aktualisierung der Erfolgszuversicht korreliert positiv mit der Entwicklung der Kompetenzerwartung der Lernenden, während die Interessiertheit am Aufgabenlösen sowie der herausfordernde Charakter der Aufgabenstellung keinen direkten Einfluss auf die Veränderung der Kompetenzerwartung ausüben. Dem Kompetenzerleben kommt dann eine besondere Bedeutung für Entwicklung der physikspezifischen Kompetenzerwartung zu, wenn vorwiegend wissenszentrierte Impulse genutzt werden. Bei stark herausforderndem Charakter der Aufgaben und Nutzung wissenszentrierter Lernimpulse zeigt sich ein negativer, bei heuristisch orientierten Lernimpulsen ein positiver totaler Effekt von Herausforderung und Kompetenzerleben auf die Entwicklung der Kompetenzerwartung. Daraus lässt sich schließen, dass die Entwicklung der physikbezogenen Kompetenzerwartung durch Lösen problemorientierter Aufgaben mit heuristisch orientierten Lernimpulsen gefördert werden kann.

Literatur

Bandura, A. (1995). Exercise of personal and collective efficacy in changing societies. In A. Bandura (Hrsg.). Self-Efficacy in Changing Societies. Cambridge: Cambridge University Press, 1 - 45

Rheinberg, F. (2004). Motivationsdiagnostik (Psychologische Diagnostik Bd. 5). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle, Oxford, Prag: Hogrefe-Verlag

Schröter, E., & Erb, R. (2008). Das Projekt "denkwerkstatt-physik". In D. Höttecke (Hrsg.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Jahrestagung der GDCP 2007. Berlin: LIT Verlag, 424-426

Ilse Bartosch Universität Wien

Subjektive Theorien von Lehrkräften und Chancengerechtigkeit

Obwohl Jugendliche weltweit Physik und Technik als bedeutsam für gesellschaftliche Entwicklung ansehen, bleibt das Interesse, selbst einen Beruf im Feld von Physik und Technik zu ergreifen, hinter den gesellschaftlichen Erwartungen zurück (Schreiner & Sjøberg, 2007). Darüber hinaus schränkt die Unterrepräsentation von Frauen in diesem Berufssegment deren Möglichkeit zur gesellschaftlichen Mitgestaltung in einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten Welt ein. Die daraus resultierende ungleiche Beteiligung von Männern und Frauen in spezifischen Bereichen des Arbeitsmarktes wird aber auch als eine der Ursachen für den ‚Gender Pay Gap' gesehen, der in Österreich (23,4 %) und Deutschland (22,4 %) signifikant über dem europäischen Durchschnitt von 16,4 % liegt (vgl. EUROSTAT 2012). Die Segregation der Berufswelt in eine männliche (Technik, Naturwissenschaft, Handwerk) und eine weibliche Sphäre (Medizin/Pflege, Erziehung, Dienstleistung) fußt im dualen Weltbild der Aufklärung, prägt gesellschaftlich stereotype Vorstellungen über eine (geschlechter)angemessene Berufswahl und wird durch die spezifische Gestaltung der Schulsysteme vorstrukturiert.

Überblick über theoretische Ansätze zu Geschlecht und Physikunterricht

Folgt man rezenten Queranalysen einschlägiger wissenschaftlicher Publikationen (z. B. Brotman & Moore, 2008; Lembens & Bartosch, 2012) so lassen sich vier Forschungsschwerpunkte im Bereich Geschlecht und Physikunterricht identifizieren:

- (quantitative) *Dokumentation von Asymmetrien* wie etwa internationale Schulleistungsvergleichsstudien
- Studien zu *geschlechtergerechten Curricula und Lernumgebungen* (z. B. Häußler & Hoffmann, 1998; Labudde, Herzog, Neuenschwander, Violi, & Gerber, 2000)
- Studien, die *Interesse* für Physik mit adoleszenter *Identitätsentwicklung* in Beziehung setzen (Archer et al., 2012; Bartosch, 2013; Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2009): Einige der AutorInnen greifen dabei auf das Konzept der „intelligible identities" von Judith Butler (1990) zurück, das darauf hinweist, dass Geschlechternormen Persönlichkeitsentwicklung, aber auch Perspektiven für gesellschaftliche Teilhabe einschränken.
- Studien, die sich mit dem Ursprung der *maskulinen Konnotation* von Physik auseinandersetzen und damit die soziologische Perspektive von NOS (Nature of Science) betonen (Brickhouse, 2001; Willems, 2007). Kritisiert wird von diesen Studien insbesondere, dass Physik als elitäres Fach konstruiert wird, zu dem nur gute SchülerInnen Zugang finden können. Betont wird von den AutorInnen zudem, dass die Zugehörigkeit zu einer „Community of Practice" (Wenger) sich nicht in der (bewussten) Aneignung relevanter Episteme und Methoden erschöpft, sondern einer Enkulturation in Praxen bedarf, also einer (vorreflexiven) Anpassung an Spielregeln, einer Übernahme von Glaubenssätzen und der Entwicklung eines Habitus (Bourdieu, 1974), der in einer spezifischen Fachkultur bzw. Community of Practice ‚üblich' ist.

Zusammenfassend skizzieren die rezenten Forschungsergebnisse folgendes Bild: Adoleszente Lernende, die sich im System der Zweigeschlechtlichkeit orientieren müssen, werden in der Schule mit einem Fach konfrontiert, das mit dem Mythos der schwierigen, abstrakten naturwissenschaftlichen ‚Königsdisziplin' umgeben ist. Mädchen, aber auch Jungen, die sich

nicht der westlichen gehobenen Mittelschicht zugehörig fühlen, meinen daher oft, dass sie in diesem schwierigen Fach nicht reüssieren können.

Bedeutung der subjektiven Theorien von Lehrkräften zum Fach Physik und Geschlecht – Untersuchungsdesign

Aus der Forschung rund um das Professionswissen von Lehrkräften ist bekannt, dass unterrichtliches Handeln nicht ausschließlich als von expliziten Wissensinhalten gesteuert gedacht werden kann. Vielmehr spielen die Überzeugungen und Einstellungen der Lehrenden – im Fall der dargestellten Untersuchung – zum Fach Physik und zu Geschlecht – eine bedeutende Rolle. In einer Fallstudie mit vier Wiener Gymnasiallehrkräften (Johanna, Teresa, Thomas, Franz[1]) wurden deren subjektiven Theorien untersucht. Dabei wurde folgender Frage nachgegangen: Welche bewussten und unbewussten Annahmen, Einstellungen, Werthaltungen im Hinblick auf den Prozess des Lernens von Physik und im Hinblick auf Geschlecht leiten Physiklehrkräfte bei ihren Unterrichtsinszenierungen? Die Daten wurden mit teilstrukturierten Interviews, ergänzt durch je zehn protokollierten Unterrichtsbeobachtungen, erhoben und einer Analyse unterzogen, die sich an der objektiven Hermeneutik orientiert.

Ausgewählte Ergebnisse aus den Fallstudien

Charakteristika des Physikunterrichts: Inhaltlich ist allen vier Lehrkräften die sorgfältige Entwicklung physikalischer Konzepte bedeutsam. Der Unterricht ist zudem methodisch vielfältig gestaltet. In den Unterrichtsinteraktionen wird allerdings immer wieder der ‚potente technische Mann' oder das Gegensatzpaar ‚Mann als Technikgestalter – Frau als Techniknutzerin' inszeniert und damit Physik als männliches Fach dramatisiert.

Korrelationen zwischen dem Unterrichtsstil und den Erfahrungen der Lehrenden in Kindheit, Schul- und Studienzeit: Für die Berufswahl der beiden Lehrerinnen waren deren Väter, die einer Tätigkeit im technischen Feld nachgingen, von Bedeutung, wenn auch in unterschiedlicher Weise: Während Teresa von gemeinsamen Experimenten mit ihrem Vater erzählt, kann Johanna auf ähnliche Erfahrungen nicht zurückgreifen – die Teilhabe an technischen Tätigkeiten war nur Johannas großer Schwester vorbehalten.

Im engen Zusammenhang mit ihrer Lebensgeschichte steht Teresas Tendenz, Physik als ‚Heroengeschichte großer Männer' zu inszenieren sowie die Narration des „begnadeten Experimentators". Ihre subjektive Theorie von gutem Physikunterricht trägt daher genauso wie jene der beiden Männer elitäre Züge. Die Lehrpersonen meinen des Weiteren, dass sich ihre Idealvorstellungen von Unterricht, eher in der Oberstufe und insbesondere mit guten Schülerinnen und Schülern realisieren lassen. Außerdem vertreten Thomas und Franz die Ansicht, dass der Unterricht nicht der primäre Ort ist, an dem Physik gelernt wird. Das könnte wiederum in Zusammenhang damit stehen, dass beide durch Technikbaukästen, die ihre Eltern ihnen geschenkt hatten, ihren ersten Kontakt zu Physik herstellten.

Insbesondere Teresa und Thomas, eingeschränkt auch Franz, berichten von positiven Erfahrungen im Physikunterricht der eigenen Schulzeit. Johanna hingegen hat zwar positive Erinnerungen an die ersten Lernjahren, fühlte sich aber von der Lehrerin der Oberstufe (Klasse 10-12) diskriminiert: „Ab der Oberstufe war mir klar, des is a Burschenfach." Sie begründet diesen Eindruck durch das wechselseitige Einverständnis zwischen der Lehrerin und den Jungen: Die Burschen erhielten zum einen das Feedback, dass nur sie geeignet für den fachlichen Diskurs sind und zum anderen nahm die Lehrerin primär die expliziten Interessen der Schüler für die Unterrichtsgestaltung auf.

[1] Thomas und Johanna haben weniger als 10 Jahre Unterrichtserfahrung, die beiden anderen mehr als 20 Jahre. Franz, Teresa und Johanna unterrichten im Zweitfach Mathematik, Thomas Philosophie. (Die Namen der Lehrkräfte wurden anonymisiert.)

Sowohl Johanna als auch die drei anderen Lehrkräfte berichten von diskriminierenden und erniedrigenden Erfahrungen während des Studiums („rausprüfen“, „gefürchtete“ Praktikumsbetreuer und „enormer“ Zeitdruck, die den Studierenden das Selbstvertrauen rauben und sie zu unlauteren Mitteln greifen lassen). Trotz dieser Erfahrungen reinszenieren Franz, Tomas und Teresa Physik als ‚elitäres' Fach, das nur einer kleiner Gruppe von guten Schülerinnen und Schülern zugänglich ist, wobei Teresa genauso wie Johanna durch eine Reihe von explizit gesetzten Maßnahmen den Zugang zu dieser elitären Wissenschaft so vielen Lernenden wie möglich eröffnen wollen. In der Wiederholung eigener Erfahrungen schreibt Johanna gute Leistungen im Fach primär dem Fleiß der Schülerinnen zu.

Fazit

Die Untersuchung macht deutlich, dass die Konzeption von Physik als elitärem Fach, gepaart mit latent vorhandenen stereotypen Vorstellungen von Mädchen und Jungen ein zentrales Hindernis darstellt, um die fachliche Entwicklung von Lernenden angemessen zu unterstützen. Für die LehrerInnenbildung lässt sich zum ersten daraus folgern, dass geeignete Lehrveranstaltungsformate für die Reflexion und Relativierung individueller Lernerfahrungen in Physik von herausragender Bedeutung sind. Zweitens ist es wichtig, dass der Themenbereich NOS einen entsprechenden Stellenwert im Studium hat und die Bedeutung von Geschlechteraspekten in die Diskussion über die ‚Natur von Physik' mit einbezogen wird „[for] unmasking the entanglement of the exclusive masculine image of STEM“ (Archer, et al., 2012, S. 284). Um die Physik- und Technikszene zu einem „intelligibleren“ Ambiente für eine breitere Gruppe von jungen Männern und Frauen zu machen, wäre zum Dritten über eine Organisationsentwicklung der damit betrauten Institutionen nachzudenken.

Literatur

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Diilon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). “Balancing Acts”: Elementary School Girls' Negotiations of Femininity,Achievement, and Science. Science Education, 96(6), 967-989.

Bartosch, I. (2013). Entwicklung weiblicher Geschlechtsidentität und Lernen von Physik – ein Widerspruch? Münster: Waxmann.

Bourdieu, P. (1974). Der Habitus als Vermittlung zwischen Struktur und Praxis. In P. Bourdieu (Ed.), Zur Soziologie der symbolischen Formen (S. 125-158). Frankfurt/Main: Suhrkamp.

Brickhouse, N. W. (2001). Embodying Science: A Feminist Perspective on Learning. Journal of Research in Science Education, 38(3), 282-295.

Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and Science: A Review of Four Themes in the Science Education Literature. Journal of Research in Science Education, 45(9), 971-1002.

Butler, J. (1990). Gender trouble: Feminism and the subversion of identity. London: Routledge.

Häußler, P., & Hoffmann, L. (1998). Chancengleichheit für Mädchen im Physikunterricht - Ergebnisse eines erweiterten BLK-Modellversuchs. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg.4, Heft 1, 51-67.

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M.-C. (2009). Connecting High School Physics Experiences, Outcome Expectations, Physics Identity, and Physics Career Choice: A Gender Study. Journal of Physics Education, 47, 978-1003.

Labudde, P., Herzog, W., Neuenschwander, M. P., Violi, E., & Gerber, C. (2000). Girls and physics: teaching and learning strategies tested by classroom interventions in grade 11. International Journal of Science Education, 22(2), 143-157.

Lembens, A., & Bartosch, I. (2012). Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik In M. Kampshoff & C. Wiepcke (Eds.), Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik (S. 83-98). Wiesbaden: Springer

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2007). Science education and youth's identity construction - two incompatible projects? In D. Corrigan, J. Dillon & R. Gunstone (Eds.), The reemergence of Values in the Science Curriculum (pp. 231-247). Rotterdam: Sense Publishers.

Willems, K. (2007). Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Deutsch - natürliche Gegenpole? (Vol. 10). Bielefeld: Transcript.

Markus Bliersbach Universität zu Köln
Christiane S. Reiners

Implementierung von Kreativität in den Chemieunterricht?!

Einleitung

„Die Kreativen sind eher gut in Sprachen, und Naturwissenschaftler sind logisch gut." (zit. nach Becker, Kühlmann & Parchmann, 2014)

Seit einiger Zeit wird die Förderung von Kreativität als wichtiges Bildungsziel an allgemeinbildenden Schulen angesehen, um junge Menschen auf die Anforderungen der modernen Gesellschaft vorzubereiten (Weiß, 2008). Aus chemiedidaktischer Perspektive sollte Kreativität zudem auch im Sinne der Vermittlung eines adäquaten Bildes der Naturwissenschaft Chemie eine größere Rolle spielen (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2002). Schließlich stünde ein durch mehr Kreativität geprägter Chemieunterricht und damit die besondere Förderung von Lernenden, die eine besonders ausgeprägte „kreative Intelligenz" (Gardner, 1999) besitzen, im Einklang mit Forderungen nach einer verstärkten individuellen Förderung, der potenziell auch eine positive Auswirkung auf die Studien- und Berufswahl der Schülerinnen und Schüler zukommen kann. Dennoch ist Kreativität bis heute weder ein wichtiges Thema innerhalb der Chemiedidaktik, noch ein bedeutender Bestandteil der realen Unterrichtspraxis. Dies belegen unter anderem Schülervorstellungen, wie sie anhand des Eingangsbeispiels zitiert sind. Das Forschungsprojekt zielt darauf ab, diesem Defizit zu begegnen. Dabei geht es jedoch nicht darum, Interventionen zur Kreativitätsförderung im Chemieunterricht zu entwickeln und zu evaluieren. Im Zentrum des Projektes steht die Frage, wie angehende Lehrende dabei unterstützt werden können, ihren Schülerinnen und Schülern ein adäquates Bild über die Bedeutung von Kreativität in der Chemie zu vermitteln.

Theoretische Vorüberlegungen

Aufbauend auf einer umfassenden Literaturanalyse und gestützt auf eine Umfrage unter Dozenten einer berufsbildenden Bildungsinstitution wurde zunächst folgende Definition von Kreativität erstellt:

> *Kreativität beschreibt das in jedem Menschen innewohnende Potenzial, mithilfe von verschiedenen metakognitiven Strategien, die vor allem auf dem Ausbrechen aus bekannten Strukturen und der Rekombination von Wissen beruhen, etwas für dessen jeweiliges Umfeld gleichsam Neues und Relevantes zu erschaffen.*

Die Definition berücksichtigt dabei alle vier Komponenten, die nach Rhodes (1961) Kreativität konstituieren: die kreative Person, den kreativen Prozess, das kreative Produkt und das kreative Umfeld. Doch wo in der Chemie ist man auf entsprechende Potenziale und Fähigkeiten angewiesen? Neben dem Generieren von Forschungsfragen, dem Aufstellen von Hypothesen und dem Planen von (experimentellen) Untersuchungen erfordert das Entwickeln von Theorien und Modellen besonders viel Kreativität. Demzufolge stellt das Forschungsprojekt diesen kreativen Akt der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in den Vordergrund.

Eine erste Pilotstudie

Eine grundsätzliche Voraussetzung für das angestrebte Ziel, angehende Lehrende dabei zu unterstützen, ihren Schülerinnen und Schülern die kreativen Aspekte der Chemie nahebringen und bewusst machen zu können, sind zunächst adäquate Vorstellungen der Lehr-

personen. Nur, wenn diesen die Bedeutung von Kreativität bewusst ist, können sie entsprechende Vorstellungen an ihre Schülerinnen und Schüler weitergeben. Aus diesem Grund befasst sich das Projekt bisher vor allem mit der Frage, wie angehenden Lehrenden die Bedeutung von Kreativität in der Chemie bewusst gemacht werden kann. Dafür wurden Studierende des Chemie-Lehramts in einer qualitativen Pilotstudie zu einer Reflexion über die Rolle von Kreativität angeregt. Die Untersuchung erfolgte in einem Fachdidaktik-Seminar, an dem 24 Studentinnen und Studenten teilnahmen und das sich schwerpunktmäßig mit der Entstehung von chemischen Modellen und Theorien befasste. Das mit dem Seminar verfolgte Ziel, die Bedeutung von Kreativität bei der Genese von Modellen und Theorien herauszustellen, wurde nicht vorgegeben, sondern sollte von den Studierenden eigenständig erarbeitet werden. Methodisch wurde zwischen zwei Herangehensweisen unterschieden und das Seminar entsprechend in zwei Abschnitte unterteilt. Im ersten Seminarabschnitt sollten konkrete historische Beispiele zu einer Reflexion über das kreative Moment bei der Entstehung von Modellen und Theorien anregen. Die Studierenden beschäftigten sich dabei mit den historischen Persönlichkeiten Georg Ernst Stahl, Joseph Priestley, Carl Wilhelm Scheele und schließlich Antoine Laurent de Lavoisier. Nachvollzogen wurde vor allem der jeweilige Entstehungsprozess der Phlogistontheorie (Stahl), der Theorie der „dephlogisticated air“ (Priestley) bzw. der „Feuerluft“ (Scheele) und schließlich der Oxidationstheorie (Lavoisier). Der zweite Seminarabschnitt folgte einem eher impliziten Ansatz. Hier wurden Lernumgebungen geschaffen, in denen die angehenden Chemielehrenden selber kreativ werden mussten, indem sie eigenständig Modellbildungsprozesse nacherlebten. Ihre Aufgabe war es, zu drei verschiedenen, für den Chemieunterricht relevanten Theorien/Modellen (VSEPR-Modell, Stoßtheorie, Energiemodell) Analogmodelle zu entwickeln. Nach verschiedenen Präsentations- und Optimierungsphasen reflektierten die Studierenden wiederum den Entstehungsprozess von Modellen und Theorien. Untersucht wurde, inwiefern sich die Vorstellungen der Studierenden über die Entstehung von Theorien und Modellen, insbesondere über die kreative Komponente, im Laufe des Seminars entwickelten. Folgende Untersuchungsfragen sollten beantwortet werden:

- Sind historische Fallbeispiele geeignet, um angehenden Lehrenden die Bedeutung von Kreativität für die Entwicklung von Theorien und Modellen in der Chemie zu vermitteln?
- Ist es für eine Ausbildung adäquater Vorstellungen ergänzend notwendig, dass die angehenden Lehrenden in eigenständigen Modellbildungsprozessen selber kreativ werden?

Methoden

Die Analyse der Vorstellungen der Studierenden erfolgte mithilfe einer offenen Fragestellung, die von allen Seminarteilnehmern zu Beginn des Seminars, nach dem ersten Seminarabschnitt und schließlich am Ende des Seminars schriftlich beantwortet werden musste und die auch während des gesamten restlichen Seminars als Leitfrage fungierte:

Welche verschiedenen Faktoren spielen bei der Entstehung von naturwissenschaftlichen Theorien und Modellen eine Rolle? Denken Sie dabei an den Antrieb bzw. den Ausgangspunkt der Entstehung, den Prozess der Entwicklung und Ausarbeitung und schließlich die möglichen Gründe für die Durchsetzung bzw. das Scheitern des jeweiligen Modells.

Als weitere Erhebungsinstrumente wurden sowohl die teilnehmende Beobachtung als auch Portfolios eingesetzt, die die Studierenden seminarbegleitend anfertigten.

Ergebnisse

Sowohl die Analyse der schriftlichen Antworten auf die Leitfrage als auch die teilnehmende Beobachtung, vor allem aber die Analyse der Portfolios zeigte, dass die historischen Beispiele nicht ausreichten, um bei den angehenden Lehrenden adäquate Vorstellungen

auszubilden. Erst durch die eigenständigen Modellbildungsprozesse wurde die Bedeutung von Kreativität bei der Entstehung von chemischen Theorien und Modellen deutlich. Die Ergebnisse geben Anlass zu der Annahme, dass reines „Nachvollziehen“ in Bezug auf die Vermittlung adäquater Vorstellungen über die Rolle von Kreativität in der Chemie – entgegen den Erwartungen, die an historisch orientierte Instruktionsprozesse geknüpft sind (Abd-El-Khalick & Lederman 2000) – weniger gut geeignet ist als aktives „Nacherleben“. Abgesehen von den beiden Untersuchungsfragen sollen hier zumindest zwei weitere, wichtige Beobachtungen vorgestellt werden, die im Laufe der Studie gemacht wurden. So eignete sich die Generierung der Analogmodelle nicht nur besonders gut, um die Rolle von Kreativität in der Chemie deutlich zu machen. Auch unter motivationalen Aspekten wurde der zweite Seminarabschnitt von den Studentinnen und Studenten deutlich besser angenommen als die Beschäftigung mit historischen Fallbeispielen. Dafür verdeutlichten letztere einige andere wichtige Aspekte der Natur der Naturwissenschaften, die alleine durch die Modellbildungsprozesse schwer zu vermitteln gewesen wären, wie zum Beispiel den sozialen und kulturellen Einfluss auf naturwissenschaftliche Forschung oder die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens.

Ausblick

Bei der beschriebenen Untersuchung handelte es sich lediglich um eine Pilotstudie. Im Wintersemester 2014/15 werden sowohl die Interventionen als auch die Untersuchungsmethoden weiter optimiert. Um den motivationalen Problemen zu begegnen, werden beispielsweise andere und weniger detaillierte historische Fallbeispiele eingesetzt und durch zeitgenössische Beispiele ergänzt. Die Untersuchungsmethoden werden unter anderem durch Follow-up-Interviews ergänzt, um zu evaluieren, wie „robust“ die Vorstellungen der Studierenden sind. Davon abgesehen stellt die Vermittlung adäquater Vorstellungen an die angehenden Chemielehrenden nur eine notwendige Voraussetzung auf dem Weg zu einer verstärkten Implementierung von Kreativität in den Chemieunterricht dar. Es ist jedoch ebenso wichtig, dass die angehenden Lehrenden ein gewisses Repertoire an entsprechenden Unterrichtskonzepten und -methoden besitzen, das es ihnen ermöglicht, die gewonnenen Vorstellungen auch in die Praxis umzusetzen. Die Erprobung solcher Konzepte erfolgt im nächsten Schritt des Forschungsprojektes.

Literatur

Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37 (10), 1057-1095.

Becker, H.J., Kühlmann, J.K., & Parchmann, I. (2014). Trendbericht Chemiedidaktik. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. Nachrichten aus der Chemie, 62 (9), 356-359.

Gardner, H. (1999). Kreative Intelligenz. Frankfurt/Main: Piper 1999.

Osborne, J., Ratcliffe, M., Collins, S., Millar, R., & Duschl, R. (2002). 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.

Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. The Phi Delta Kappan 42 (7), 305-310.

Weiß, S. (2008). Kreativitätsförderung. In E. Kiel (Hg.), Unterricht sehen, analysieren, gestalten. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 119-142.

Rita Borromeo Ferri Universität Kassel

Phasen im Modellierungskreislauf – Unterschiede in Theorie und Empirie

Mathematisches Modellieren in der Schule ist ein noch relativ junges Forschungsfeld, das aber in der nationalen und internationalen mathematikdidaktischen Diskussion seit einigen Jahren besondere Beachtung findet. Vor allem durch die Einführung der Bildungsstandards im Jahr 2003 (siehe Blum et al., 2006) ist mathematisches Modellieren den deutschen Mathematiklehrkräften als eine der allgemeinen mathematischen Kompetenzen bekannt geworden. Pragmatisch kann mathematisches Modellieren in der didaktischen Diskussion als Übersetzungsprozess zwischen Mathematik und Realität und zurück beschrieben werden. In diesem Beitrag wird zunächst eine Klassifikation von Modellen von Modellierungskreisläufen dargestellt sowie auf Unterschiede in Theorie und Empirie eingegangen.

Typen von Modellierungskreisläufen

Es existieren viele Typen von Modellierungskreisläufen in der nationalen und internationalen Forschung zum mathematischen Modellieren, die für unterschiedliche Zwecke verwendet werden (Borromeo Ferri 2006 und 2011). Diese Modelle sind stets normativ und idealtypisch und bilden keine realen Modellierungsprozesse von Individuen ab. Insbesondere in den letzten Jahren kam es zur Weiterentwicklung von neuen Kreislaufmodellen für die Forschung und die Praxis gleichermaßen. Die bei der Darlegung auftretenden Begriffe wie „reale Welt“, „mathematische Welt“, „Realität“, „Mathematik“, „rest of the world“ sind eine Spezifik der mathematikdidaktischen Modellierungsdiskussion. Diese Begrifflichkeiten sind aus wissenschaftstheoretischer Perspektive sicherlich kritisch zu betrachten, haben sich jedoch mittlerweile in der Modellierungsdiskussion etabliert. Die folgenden vier Typen sind auch in ihrer historischen Entwicklung zu betrachten, denn der Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik kann als der Kreislauf gelten, der enormen Einfluss auf die darauffolgenden Ausdifferenzierungen der Phasen hatte.

In der nachfolgenden Klassifikation werden vor allem die markantesten normativen Unterschiede bezüglich der Phasen herausgestellt[1]: Typ 1: Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik; Typ 2: Didaktischer Modellierungskreislauf; Typ 3: Psychologischer Modellierungskreislauf; Typ 4: Diagnostischer Modellierungskreislauf

Typ 1: Modellierungskreislauf aus der angewandten Mathematik

Das Charakteristikum dieses Typs besteht darin, dass es keine Phase zwischen Realer Situation und Mathematischem Modell gibt, wie sie in den bereits bekannten Modellen auftreten. Diese Differenzierungen beziehen sich auf Art der behandelten Probleme, die realistischer und von höherer mathematischer Komplexität sind. Hier bestimmen die vorhandenen mathematischen Werkzeuge bereits die Sicht auf die gegebene Problemsituation und deren Strukturierung. Pollak (1979) kann als ein früher Anhänger dieser Gruppe angesehen werden. Modellieren ist für ihn ein Weg, die reale Welt besser zu verstehen. Sein Modellierungskreislauf verknüpft die reale Welt (bei ihm als „Rest of the world“ bezeichnet) mit der klassischen angewandten Mathematik („Applied mathematics“ und der anwendbaren Mathematik („Applicable mathematics“), wie im folgenden Abbild dargestellt:

[1] für mehr Details siehe Borromeo Ferri, 2011

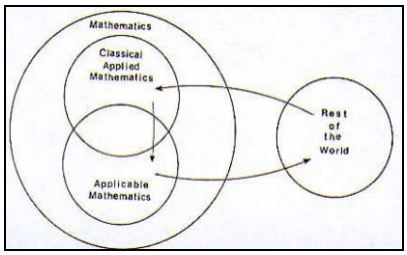


Abb. 1: Modellierungskreislauf nach Pollak (1979, 233)

Typ 2: Didaktischer Modellierungskreislauf

Inspiriert von Pollaks Schema wird von einigen Autoren ein Modellierungskreislauf vorgeschlagen, der im Unterricht handhabbar ist und der auch als metakognitive Hilfe für Lernende angemessen erscheint. Dieser Kreislauf wird um einen Schritt erweitert. Die Phasen werden konkret benannt sowie beschrieben und verdeutlichen noch stärker als bei Pollak, den Prozess des Modellierens. Es handelt sich um einen „vierphasigen" Kreislauf, was die nachstehende Graphik verdeutlicht. Als ein Beispiel für diese Gruppe, ist der Modellierungskreislauf von Blum (1985) abgebildet:

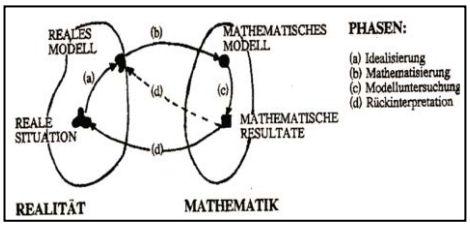


Abb.2: Modellierungskreislauf nach Blum (1985)

Typ 3: Psychologischer Modellierungskreislauf

Das theoretische Konstrukt des Situationsmodells stammt aus textlinguistischen Arbeiten und wird in der psychologischen Forschung vorwiegend im Zusammenhang mit Textaufgaben – sogenannten „word problems" – verwendet (Kintsch & Greeno 1985). Unter einem Situationsmodell wird dabei eine mentale Repräsentation der Situation der gegebenen Aufgabe verstanden, die vom realen Modell zu unterscheiden ist. Betrachtet man das Schaubild von Verschaffel, Greer und DeCorte (2000), wird ersichtlich, welche Bedeutung die Autoren dem Situationsmodell zuschreiben und wie sie dieses definieren.

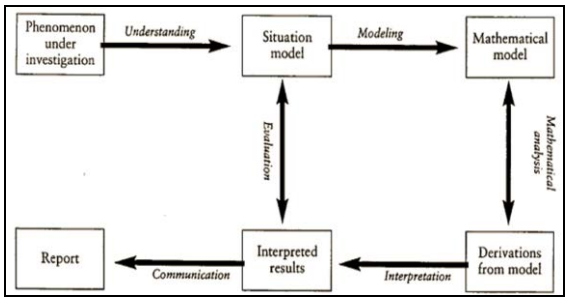


Abb.3: Schematisches Diagramm vom Modellierungsprozess (Verschaffel, Greer, deCorte 2000, xii)

Typ 4: Diagnostischer Modellierungskreislauf

Bei diesem Typ wird eine Neuerung in der bisherigen Modellierungsdiskussion eingeführt. Das Situationsmodell (SM) (bzw. die Mentale Situations-Repräsentation (MSR) werden als zusätzliche Phasen integriert. Dieser Typ von Modellierungskreisläufen eignet sich in hervorragender Weise zur Analyse von tatsächlichen Modellierungsprozessen und wird

mittlerweile erfolgreich im Bereich des kognitiven Modellierens und in der Lehreraus- und fortbildung eingesetzt (Borromeo Ferri 2014).

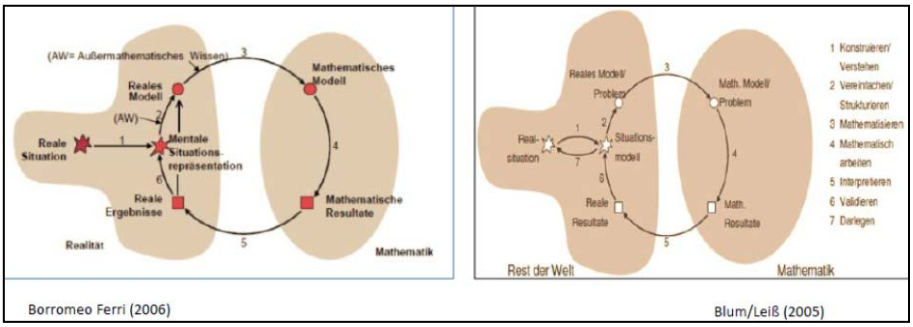


Abb. 4: Prototypen „Diagnostischer Kreisläufe“

1. Empirische Phasenunterscheidungen

Im KOM²-Projekt (Kognitionspsychologie Analysen zum Mathematischen Modellieren; Borromeo Ferri, 2011) wurden Modellierungsprozesse von Lernenden aus Jahrgang 9 und 10 auf Mikroebene untersucht. Die Rekonstruktion verdeutlichte die theoretisch formulierte Annahme, dass der Prozess des Modellierens nicht idealtypisch verläuft, wie in den Modellierungskreisläufen dargestellt. Dieses Phänomen verdichtete sich zur Begrifflichkeit des individuellen Modellierungsverlaufs oder international mittlerweile bekannt als „individual modelling routes“ (Borromeo Ferri 2007). Darunter wird „der Modellierungsprozess des Individuums auf interner und externer Ebene bezeichnet. Das Individuum beginnt den Verlauf in einer bestimmten Phase und durchläuft verschiedene Phasen mehrfach oder einmalig, dabei eine Phase fokussierend oder manche Phasen auslassend“ (Borromeo Ferri 2011, 171).

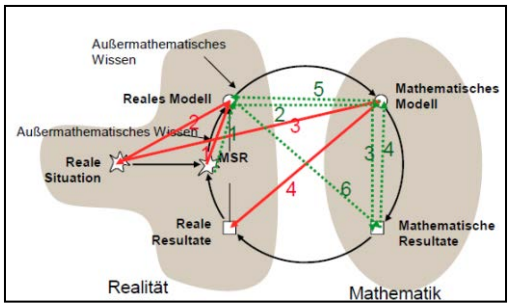


Abb.5: Individuelle Modellierungsverläufe

Literatur

Blum, W. (1985). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. In Mathematische Semesterberichte 3,2, S. 195-232.

Blum et al. (2006). Bildungsstandards Mathematik: konkret. Berlin: Cornelsen-Scriptor.

Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the model-ling process. In Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 38 (2) S. 86-95.

Borromeo Ferri, R. (2007). Modelling from a cognitive perspective: Individual modelling routes of pupils. In: Haines, C.; Galbraith, P.; Blum, W.; Khan, S. (Hrsg.) Mathematical Modelling. Education, engineering and economics. Chichester: Horwood Publishing, S. 260-270.

Borromeo Ferri, R. (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. - Kognitive Analysen von Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kintsch, W.& Greeno, J. (1985). Understanding word arithmetic problems. In Psychological Review, 92, 1, S. 109-129.

Pollak, H.O. (1979). The interaction between mathematics and other school subjects. In UNESCO (Hrsg.), New trends in mathematics teaching IV , Paris: OECD, 232-148.

Verschaffel, L., Greer, B., & de Corte, E. (2000) Making Sense of Word Problems. In Educational Studies in Mathematics, 42, 2, S. 211-213.

Gesche Pospiech[1] [1]TU Dresden
Olaf Uhden[2] [2]Universität Hamburg
Marie-Annette Geyer[1]

Modell der mathematischen Modellierung in der Physik

Mathematik hat für die Physik eine vielfältige Bedeutung. Oft steht die Mathematik als Werkzeug im Vordergrund, das es erlaubt, physikalische Relationen zu quantifizieren. Ferner erfüllt sie wegen der Präzision mathematischer Formulierungen eine kommunikative Funktion (Krey, 2012). Entscheidend sind aber mathematische Konstrukte, die Strukturen zur Beschreibung physikalischer Prozesse zur Verfügung stellen. Die Mathematisierung ermöglicht darüber hinaus logische Herleitungen und Argumentationen, die durch ihre Stringenz die Zuverlässigkeit physikalischer Aussagen oder Vorhersagen erhöhen. Zahlreiche physikalische Konzepte sind zudem inhärent mit mathematischen Operationen oder Funktionen verbunden, wie beispielsweise die Begriffe der Geschwindigkeit oder Beschleunigung. Auch in der historischen Entwicklung zeigt sich, dass die Grundaufgaben der Analysis z. B. zur Zeit Newtons physikalisch formuliert sind und zur Entwicklung von Differentiation und Integration beitrugen. Seither haben sich Mathematik und Physik im Zuge ihrer Entwicklung zwar zunehmend voneinander getrennt, dennoch spielen mathematische Errungenschaften wie die nicht-euklidische Geometrie oder Gruppentheorie eine fundamentale Rolle in der Weiterentwicklung der Physik. Die Modellierung dieses komplexen Wechselspiels kann aus wissenschaftstheoretischer wie auch didaktischer Perspektive erfolgen.

Notwendigkeit von Mathematisierung

Inwieweit lassen sich physikalische und mathematische Modellierung trennen (Borromeo Ferri, 2006)? Sind (z. B. im Unterricht) physikalische Konzepte ohne mathematische Beschreibung denkbar? Als Beispiel kann das ideale Gas dienen. Zunächst ist das Verhalten des physikalischen Objekts "Gas" zu beschreiben. Auf der makroskopischen Ebene werden Beobachtungen und Experimente durchgeführt, die zu Aussagen über Druck, Temperatur oder Volumen führen. Auf mikroskopischer Ebene gelangt man zum Teilchenmodell, das zur Erklärung des Verhaltens von Gasen durch Stöße der Teilchen ohne Mathematik auskommt. Für die Verbindung beider Ebenen wird jedoch die Mathematisierung auf unterschiedlichen Stufen erforderlich: Teilchen werden idealisiert als punktförmig angenommen, funktionale Zusammenhänge, wie: "Je höher die Temperatur, desto höher die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen" oder "Je häufiger die Stöße, desto höher der Druck" werden hergeleitet. Zugleich ist dies ein Beispiel für die Bedeutung des Modellierens als zentrale Methode der Physik.

Beziehung zwischen Physik und Mathematik

Es scheint also, dass mathematische und physikalische Modelle sich nicht strikt trennen lassen, wie es aber meist in den Modellierungskreisläufen angenommen wird (Blum & Leiß, 2005). Die Analysis realer Modellierungsvorgänge zeigt außerdem, dass die Lernenden in der Regel nicht den idealen Kreislauf durchlaufen, sondern jeweils eigene Strategien entwickeln (s. a. Beitrag von Borromeo Ferri). Dies zeigt, dass eine prozessorientierte Analyse des Transfers zwischen Physik und Mathematik notwendig ist. Angestrebt wird also ein Modell, das die strukturelle Rolle der Mathematik für die Physik, d. h. sowohl den Prozess der Mathematisierung als auch den umgekehrten Prozess, das „Lesen“ (Interpretieren) von Gleichungen, in den Fokus stellt. Das Modell von Uhden et al. (2012) geht von dem mathematischen Modellierungskreislauf nach Blum & Leiß (2005) aus, be-

schreibt aber den Prozess der Mathematisierung im speziellen Kontext der Physik in größerem Detail. Es ist das Ziel, die Lücke zwischen physikalischem und mathematischem Modell aufzuheben und explizit mathematische und physikalische Argumente miteinander zu verbinden (s. Abb 1). Dieses Modell erfüllt mehrere Aufgaben: Es soll erlauben, die strukturelle und die technische Rolle der Mathematik für die Physik, und vor allem auch unterschiedliche Wege der Mathematisierung beim Lehren von Physik zu unterscheiden, wobei die Existenz verschiedener Grade der Mathematisierung betont wird. Besonders die strukturelle Rolle soll Schülern einen Einblick in die Wissenschaft Physik geben und deutlich machen, dass die mathematische Beschreibung inhärenter Teil der Physik ist. Weitere didaktische Ziele sind die bewusste Verständnisorientierung bei der Verwendung der Mathematik, indem physikalische Aussagen explizit mit mathematischen Elementen und Strukturen in Beziehung gesetzt werden.

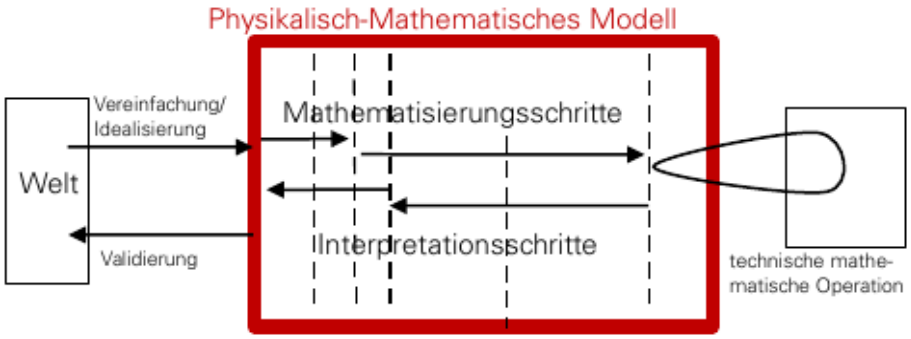


Abbildung 1: Transfermodell Physik-Mathematik (nach Uhden& Karam 2012)

Beispiele für die Anwendung des Modells

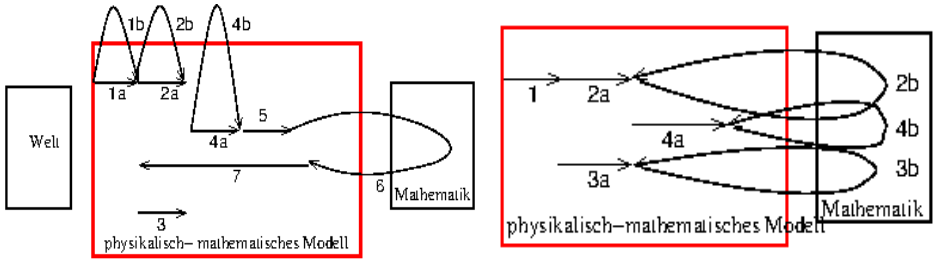
Mithilfe des Modells wurden zum einen Mathematisierungsprozesse beschrieben und zum anderen Probleme von Schülern bei der Übersetzung zwischen Physik und Mathematik identifiziert (Uhden, 2012). Wie unterschiedlich je nach Vorkenntnissen und Zielen Mathematisierungsprozesse gestaltet werden können, lässt sich an der Herleitung des Bewegungsgesetzes zum „Freien Fall“ zeigen. Eine „Schritt für Schritt“-Version benutzt nur strukturelle Fähigkeiten, während eine alternative Herleitung auf das zweite Newton’sche Gesetz zurückgreift und anschließend das technische Lösen einer Differentialgleichung erfordert (vgl. Uhden et al., 2012).

Bei der Analyse von Schülerproblemen erlaubt es, z. B. Probleme beim Umgang von “0” oder “1” oder beim Rechnen mit Brüchen abzugrenzen von strukturellen Problemen, die mit der Quantifizierung von Idealisierungen oder der unzureichenden Kenntnis der mathematischen “Grundvorstellungen” zusammenhängen. Andererseits können einige Aspekte der Mathematisierung nicht erfasst werden, wie z. B. der unterschiedliche Status von Formeln:

- Prinzipien/Regeln: m a = F, E_ges = Sum (E_i)
- Definition: z. B. Druck, elektrischer Widerstand
- Spezialgesetze: z. B. hydrostatischer Druck, Ohmsches Gesetz

oder die Bedeutung von Diagrammen als Repräsentation der Resultate von Experimenten oder als Veranschaulichung theoretischer Zusammenhänge. Man kann sich nun fragen, ob das Modell für Planung oder Analyse von Unterricht *(„oder“?)* zur Einführung von Formeln geeignet ist. Kann man besondere Charakteristika im Mathematisierungsprozess mit Formeln oder mögliche Schwierigkeiten identifizieren?

Beispiel 1: Hydrostatischer Druck. Im sächsischen Lehrplan der Klasse 8 spielt der Druck eine wichtige Rolle und wird auch mathematisch beschrieben. Insbesondere wird die Formel für den hydrostatischen Druck hergeleitet (s. Abb 2a). Dies beginnt mit der halbquantitativen Beschreibung (1a) und der Definition (1b) des Drucks, erfordert dann das Erkennen der relevanten Masse (2a) und ihrer Gewichtskraft (2b) sowie ihres Volumens (3). Darauf wird die Masse-Volumen-Beziehung hergestellt (4a) und mit der Formel für die Dichte (4b) kombiniert. Der gebogene Pfeil bedeutet den Rückgriff auf Vorwissen oder externe Quellen. Ein zentraler Schritt ist das Herstellen der Bezüge zwischen den Formeln (5), das formale ineinander Einsetzen (6) sowie die abschließende Interpretation (7).



a) b)

Abbildung 2: a) Ein Muster für einen Mathematisierungsprozess zur Herleitung des Gesetzes über den hydrostatischen Druck. b) für die Linsengleichung

Beispiel 2: Linsengleichung. Dies ist Thema der Klassenstufe 10, in der sie im Praktikum auch experimentell erarbeitet werden kann. Grundlage sind Strahlenmodell sowie die Verbindung von Geometrie (Strahlensatz) und Algebra. Im ersten Schritt (1) wird die Abbildung mit Strahlen repräsentiert, aus denen die Relevanten ausgewählt werden (2a, 3a). Auf diese wird dann jeweils der Strahlensatz angewandt (2b, 3b). Beide Aussagen werden kombiniert (4a) und die entstehende Gleichung umgestellt (4b).

Die beiden Darstellungen möglicher Mathematisierungsprozesse zeigen unterschiedliche Charakteristiken. Während in Abb. 2a oft auf Vorwissen zurückgegriffen wird, benötigt die Herleitung der Linsengleichung in Abb. 2b) mehr technische Fähigkeiten im Umstellen von Formeln. Damit sind dies Beispiele für unterschiedliche Anforderungen an die Schüler, die der Lehrer dann bewusst steuern kann. Zudem werden einzelne Zwischenschritte transparent gemacht, so dass ein bewusstes Vorgehen ermöglicht wird.

Literatur

Blum, W. und Leiß, D. (2005). "filling up"– the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. In Working Group 13: Applications and modelling, page 1623.

Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. ZDM, 38(2), 86–95.

Krey, O. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik: wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender. Logos, Berlin.

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos-Verl.

Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M., & Pospiech, G. (2012). Modelling mathematical reasoning in physics education. Science & Education, 21(4), 485-506.

Bettina Kreiter
Heiko Krabbe
Hans E. Fischer

Universität Duisburg-Essen

Modellierungsanforderungen in Leistungskursabituraufgaben in Physik
Ergebnisse einer modellbasierten Aufgabenanalyse

Ausganglage

Von der KMK wurden für den Mittleren Schulabschluss kompetenzorientierte Bildungsstandards und für die Sekundarstufe II die als Kompetenzen formulierten Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung [EPA] (KMK, 2004) entwickelt. Diesen lag kein empirisches Kompetenzmodell zu Grunde. Die Entwicklung einheitlicher Bildungsstandards für das Abitur wurde im März 2012 beschlossen (KMK, 2012), bis jetzt für Physik aber noch nicht umgesetzt. Tragfähige anforderungs- bzw. domänenbezogene Kompetenzmodelle bilden aber die Grundlage für die Operationalisierung der Bildungsstandards (Klieme et al., 2007; Schecker & Parchmann, 2006). Für die Evaluation der Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern für die Sekundarstufe I wurde das ESNaS-Modell entwickelt (Kauertz et al., 2010). Dieses besteht aus den drei Dimensionen *Komplexität, Kompetenzbereiche* und *kognitive Prozesse*. Hierbei wurde eine schwierigkeitserzeugende Hierarchie der kognitiven Prozesse *Reproduzieren*, *Selegieren*, *Organisieren* und *Integrieren* angenommen. Bisherige Validierungsstudien (Ropohl, 2010; Neumann, 2011) konnten aber keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Aufgabenschwierigkeit zwischen Reproduzieren und Selegieren bzw. Organisieren und Integrieren nachweisen. Dies gilt auch für die um die Dimension Mathematisierung erweiterte Adaption des ESNaS-Modells für das Fach Physik in der gymnasialen Oberstufe (Schoppmeier et al., 2012). Daher besteht der Bedarf nach einer anderen Operationalisierung der *kognitiven Prozesse*. Ziel ist die Entwicklung eines Modells zur Beschreibung physikspezifischer kognitiver Anforderungen, die das Lösen von Physikabituraufgaben mit erhöhtem Anforderungsniveau (Leistungskurs) an Schülerinnen und Schüler stellt.

Forschungsfrage

FF1: Welche kognitiven Anforderungen lassen sich in Physikabituraufgaben identifizieren?
FF2: Welche Charakterisierung der Physikabituraufgaben ergibt sich anhand dieser kognitiven Anforderungen?

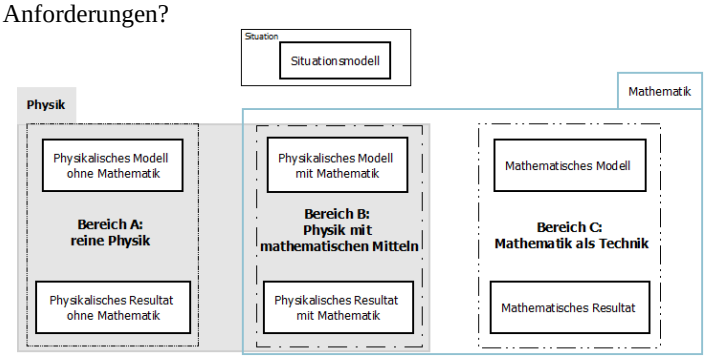


Abb. 1: Strukturdiagramm zur Analyse kognitiver Anforderungen

Ein Strukturdiagramm zur Analyse kognitiver Anforderungen

Zuerst wurde ein *Strukturdiagramm* (Abb. 1) zur Erfassung und Systematisierung physikspezifischer Anforderungen beim Lösen von Abituraufgaben literaturbasiert entwickelt und

die Anforderungen in einem Manual beschrieben. Berücksichtigung fanden hierbei der Modellierungskreislaufs von Blum und Leiss (2007), sowie das Modell der sequenziellen Bearbeitung von Modellierungsaufgaben von Schukajlow (2011). Aufgrund der Komplexität des Strukturdiagramms kann hier nur die Oberflächenstruktur dargestellt werden. Generell besteht eine Aufgabe aus der Verknüpfung von Situation und Inhalt (Dorschu, 2013). Der Inhalt lässt sich aufgliedern in die drei Bereiche *reine Physik* (A), *Physik mit mathematischen Mitteln* (B) und *Mathematik als Technik* (C). Die Beschreibung der kognitiven Anforderungen orientiert sich an der nationalen PISA 2003 Ergänzungsstudie (Senkbeil et al., 2005) sowie dem Kerncurriculum Oberstufe (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004). Kognitive Anforderungen wie Fachwissen (FW) anwenden, Fachwissen reproduzieren, Umgang mit grafischen Darstellungsformen (DF) usw. (vgl. Abb. 2) finden bereichsspezifisch beim Übergang zwischen den Modellen und Resultaten statt. Für den Übergang von der Situation zum Inhalt, sowie zwischen den drei Inhaltsbereichen muss physikalisch oder mathematisch modelliert werden. Um in den Bereich A zu gelangen muss konzeptuell modelliert werden. Bereich B beinhaltet die quantitative Rolle der Physik in dem physikalisch quantifizierend und formal strukturierend modelliert werden muss. Bereich C beinhaltet rein mathematisches Modellieren ohne Bezug zur Physik.

Anwendung auf Abituraufgaben

Das Modell wurde für die Analyse der nordrhein-westfälischen Physikabituraufgaben von 2007-2013 eingesetzt. Es handelt sich um eine Vollerhebung der Aufgaben aus dem Leistungskurs (N=27). Basis für die Analyse waren die Bewertungsvorgaben für die Schülerleistungen. Als Auswertungseinheit wurden die Handlungsaufforderungen (HAuF) der Aufgaben betrachtet, die sich aus den Operatoren der EPA ergeben. In den Aufgaben wurden die HAuF (N=440) identifiziert. Diese können mehrere kognitive Anforderungen beinhalten, die sich auf die drei oben genannten Bereiche verteilen können.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleicht man die kognitiven Anforderungen in den drei Bereiche miteinander, ergeben sich unterschiedliche Profile (s. Abb. 2). Die Hauptanforderung im Bereich *reine Physik* ist Fachwissen anwenden, in *Physik mit Mathematik* ist es der Umgang mit physikalischen Größen und in *Mathematik* der Umgang mit mathematischen Formalismen.

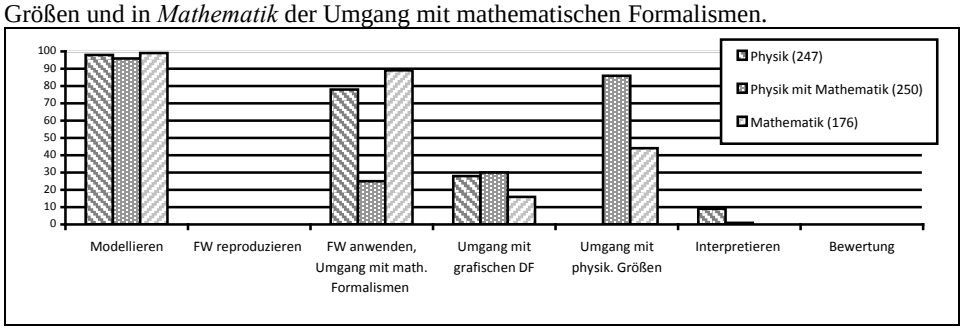


Abb. 2: Relativer Anteil der kognitiven Anforderung in den drei Bereichen. Da eine HAuf mehrere kognitive Anforderungen beinhalten kann, ist die Summe pro Bereich >100%.

Der Umgang mit Darstellungsformen scheint kein Unterscheidungskriterium für Anforderungen zu sein. Im Bereich Mathematik wurde *Interpretieren* nicht definiert, in den anderen Bereichen findet es nur im geringen Maß statt. *Fachwissen reproduzieren* sowie *Bewerten* konnten nicht identifiziert werden, obwohl Bewerten in den Bildungsstandards der Sekundarstufe I gefordert wird. Modellieren findet (kodierbedingt) zu fast 100% statt, da in jeder HAuF modelliert werden muss. Da pro HAuf mehrere kognitive Anforderungen

gestellt werden, kann aus testtheoretischer Sicht mit Abituraufgaben nicht eindeutig erfasst werden, welche Anforderungen Schülerinnen und Schülern besonders Probleme bereiten. Es wird nicht klar, ob es am fehlenden Physik- oder Matheverständnis oder an der Verknüpfung aus beidem liegt. Charakterisiert man die HAuF (N=440) anhand der Bereiche, in denen die kognitiven Anforderungen liegen (s. Abb. 3), ist zu erkennen, dass 40 % der Anforderungen in der reinen Physik, 13 % in der Physik mit Mathematik und ca. 4 % in der reinen Mathematik (d. h. Rechenfähigkeit) liegen. Weitere 37 % beanspruchen Rechenfähigkeit in Verbindung mit Physik.

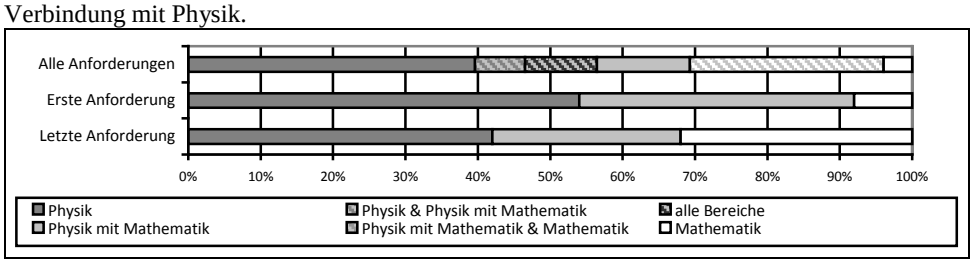


Abb.3: Charakterisierung der HAuF in Abituraufgaben

Betrachtet man in welchem Bereich die erste Anforderung beginnt, so starten über 50 % der HAuF im Bereich der Physik. Es gibt aber auch einen Anteil von 8 %, der in der Mathematik beginnt. Fast ein Drittel der HAuf bleibt mit der letzten kognitiven Anforderung in der Mathematik stehen, d. h. man gibt sich hier mit einem mathematischen Ergebnis zufrieden. Für Physikabituraufgaben sollte man aber einen Rückbezug in die Physik erwarten, bei dem die Plausibilität der Lösung geprüft oder eine physikalische Interpretation gefordert wird.

Literatur

Blum, W. & Leiss, D. (2007): How do Students and Teachers deal with Modelling Problems? In: Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics (Eds: C. Haines et al.). Horwood: Chichester, 222-231

Dorschu, A.V. (2013). Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben. Berlin: Logos Verlag

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

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H. Prenzel, M. et al.(2007). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise (Bildungsforschung, Bd.1) Bonn: BMBF

KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland]. (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Neuwied: Luchterhand

KMK (2012). Ergebnisse der 337. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 8./9. März in Berlin. Zugriff am 1.10.2012. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/presse-und-aktuelles/meldung/ ergebnisse-der-337-plenarsitzung-der-kultusministerkonferenz-am-89-maerz-in-berlin.html

Neumann, I. (2011). Beyond Physics Content Knowledge - Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge. Berlin: Logos

Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben. Berlin: Logos Verlag

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: H.-E. Tenorth (Hrsg.). Kerncurriculum Oberstufe II. Expertisen – im Auftrag der KMK. Weinheim, Beltz, 148-235

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

Senkbeil, M., Rost, J., Carstensen, C.H. & Walter, O. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. Entwicklung und empirische Überprüfung eines zweidimensionalen Facettendesigns. Empirische Pädagogik 19 (2), 166-189

Schoppmeier, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2012). Mathematische Bereiche in Leistungskursklausuren. PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 11, 28-40

Schukajlow, S. (2011). Mathematisches Modellieren. Schwierigkeiten und Strategien von Lernenden als Bausteine einer Lernprozessorientieren Didaktik der neuen Aufgabenkultur. Münster u.a.: Waxmann

Ines Goldhausen Universität Kassel
David-S. Di Fuccia

Der Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht

Zur Erklärung naturwissenschaftlicher Probleme sowie zur Problemlösung in den Naturwissenschaften ist es häufig nötig, mathematische Modelle (wie z. B. Gleichungen, Funktionen, Graphen, etc.) zu nutzen, um naturwissenschaftliche Sachverhalte zu mathematisieren und mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten. Im Chemieunterricht können chemische Resultate mithilfe von gegebenen mathematischen Modellen im Rahmen von *Rechnungen und Anwendungen* ermittelt werden. Außerdem können Schülerinnen und Schüler selbst mathematische Modelle zur Beschreibung und Klärung eines chemischen Sachverhaltes entwickeln und nutzen. Hierbei wird ein Prozess durchlaufen, der fortan als *mathematisches Modellieren* bezeichnet werden soll. Eine detailliertere Betrachtung der theoretischen Grundlagen kann unserem Beitrag zum Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2012 entnommen werden (Schmidt & Di Fuccia, 2013).

Der Prozess der mathematischen Modellierung bzw. dessen idealtypischen Verlauf lässt sich nach Borromeo, Leiß und Blum (2006) mit Hilfe eines Kreislaufmodells beschreiben, welches zur Erläuterung von Lehr-Lern- und Denkprozessen in aufgabengesteuerten Lernumgebungen eingesetzt werden kann. Im Zuge einer Anpassung des Modells an den bei einer mathematischen Modellierung im Chemieunterricht ablaufenden Prozess wurde von den Autoren ein Kreislaufmodell entwickelt (Schmidt & Di Fuccia, 2013; vgl. Abb. 1).
In der Literatur wird dem bewussten Umgang mit mathematischen Modellen zur Beschreibung chemischer Sachverhalte die Möglichkeit zur Erleichterung und Vertiefung des Verständnisses zugeschrieben (Harisch, 1979), sodass der Einsatz von Modellierungsaufgaben für den Chemieunterricht sinnvoll erscheint, wenngleich das Übertragen und Anwenden mathematischer Kompetenzen auf chemische Sachverhalte Probleme verursacht (Beck et al., 2010). Derartige Probleme mit der Bildung und Nutzung mathematischer Modelle bzw. mit mathematischen Modellierungen im Chemieunterricht wurden jedoch bislang nicht näher untersucht, klassifiziert oder gar gelöst.

Schülerprobleme mit mathematischen Modellierungen
Im Rahmen einer Videostudie konnte eine detaillierte Betrachtung des Modellierungsprozesses zur Erhebung von Schülerschwierigkeiten innerhalb der einzelnen Modellierungsschritte vorgenommen werden. Als Analyseinstrument wurde hierbei eine Aufgabe eingesetzt, bei der die einzelnen Modellierungsschritte durch gestufte Lernhilfen (nach Hänze et al., 2010) abgebildet wurden. Dies erlaubte eine klare Abgrenzung der entsprechenden Modellierungsschritte sowie eine gezielte Identifizierung der problematischen Aspekte im Modellierungsprozess. Zudem konnte eine Kategorisierung von Problembereichen erfolgen, die sich auf mathematische, chemische und/oder lernstrategische Schwierigkeiten zurückführen lassen.
Im Rahmen der Videostudie haben 20 Schüler aus fünf verschiedenen Kursen (E1 Chemie) eine Modellierungsaufgabe zur quantitativen Elementaranalyse nach Liebig in einer Laborsituation in Partnerarbeit bearbeitet. In der Aufgabenstellung wurde ein Experiment zur Ermittlung der Summenformal von Campinggas als „Realsituation“ beschrieben, d. h. es wurden die Apparatur und Beobachtungen dargelegt, wobei nicht nur Details aufgeführt wurden, die zur Lösung des Problems von Bedeutung sind. Ein exemplarischer Modellierungsverlauf ist in Abb. 1 dargestellt.

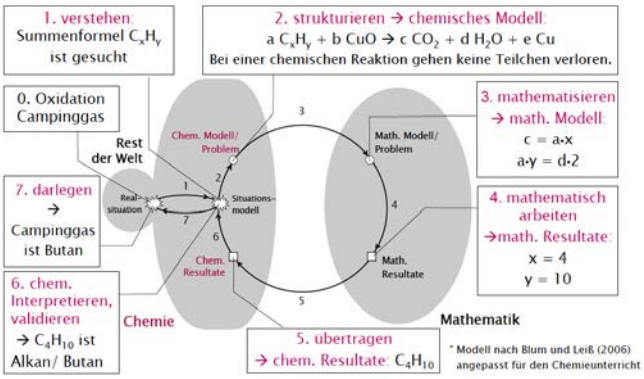


Abb. 1: Modellierungsprozess zur Ermittlung der Summenformel von Campinggas

Zum Zeitpunkt der Erhebung war den Schülerinnen und Schülern die quantitative Elementaranalyse unbekannt. Die Bearbeitungszeit betrug 90 Minuten. Zur Validierung der Ergebnisse haben alle nicht bei der Bearbeitung videografierten Schüler der jeweiligen Kurse (N=90) zur gleichen Zeit ebenfalls die Aufgabe bearbeitet, wobei der Zugriff auf die Lernhilfen durch Aufkleber an der entsprechenden Stellen der Aufzeichnungen nachvollzogen werden kann.

Ausgewählte Ergebnisse

In den meisten Fällen hatten die Schülerinnen und Schüler keine Schwierigkeiten, den Aufbau und die Durchführung des Experiments nachzuvollziehen. In manchen Fällen (N=4) waren die Schülerinnen und Schüler nicht in der Lage festzustellen, dass die Summenformel von Campinggas gesucht ist, sodass sie eine Reaktionsgleichung aufgestellt haben, die sich in keiner Weise als zielführend erwies, wie z. B.: $CH_4 + 4\,CuO \rightarrow 2\,H_2O + CO_2 + 4\,Cu$. Zur Erstellung eines tragfähigen chemischen Modells fehlte den Schülerinnen und Schülern häufig chemisches Grundwissen. So war der Zusammenhang zwischen den stöchiometrischen Koeffizienten und den Indices in einer Reaktionsgleichung häufig unklar. Zudem war in vielen Fällen die Stoffmenge als physikalisch-chemische Größe unbekannt bzw. unklar. Für die stöchiometrischen Koeffizienten wurden häufig Massen oder die Anzahl der übertragenen Elektronen eingesetzt. Darüber hinaus bereiteten den Schülerinnen und Schülern die Unterscheidung von Masse und Volumen, sowie die Zuordnung der entsprechenden Einheiten Schwierigkeiten. In einigen Fällen wurde zudem die Stoffmenge nur berechnet, wenn eine Masse eines Stoffes gegeben war. Da bzgl. des eingesetzten Campinggases eine Volumenangabe gegeben war, wurde somit die folgende Reaktionsgleichung verwendet, die zur Lösung des Problems nicht zielführend ist:

$$C_XH_Y + a\,CuO \rightarrow b\,H_2O + c\,CO_2 + d\,Cu$$

Anstelle der Summenformel C_xH_y verwendeten manche Schülerinnen und Schüler die allgemeine Summenformel der Alkane C_nH_{2n+2} (N=5), wobei die Aufgabenstellung die Lösungsmöglichkeiten nicht auf die Alkane beschränkte und die Schülerinnen und Schüler keine Begründung für diesen Ansatz lieferten. Zudem verwendeten 2 Schülerpaare eine fehlerhafte Version der allgemeinen Summenformel für Alkane „C_nH_{n+2}“. Weiterhin hatten die Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung des chemischen Modells (bzw. beim Aufstellen der Reaktionsgleichung) Schwierigkeiten, die Stoffe zu identifizieren, die an der Reaktion beteiligt waren. So versuchten die meisten, Natronkalk und Calciumchlorid, welche zur Bindung des entstandenen Kohlenstoffdioxids bzw. Wassers eingesetzt wurden, in die Reaktionsgleichung einzubauen, wenngleich ihre eigentliche Verwendung in der

Aufgabenstellung genau beschrieben worden ist. Ein weiteres Problem ergab sich daraus, dass einige Schülerpaare (N=10) im Falle fehlender Informationen, wie stöchiometrischen Koeffizienten und Indices in der Reaktionsgleichung keine Variablen einsetzten, so dass die bestehenden Zusammenhänge in der Darstellung nicht offensichtlich wurden. In vielen Fällen versuchten die Schüler statt der Entwicklung eines chemischen Modells vielmehr, direkt ihnen bekannte Lösungsstrategien anzuwenden, so dass beispielsweise die Bestimmung der Oxidationszahlen und das Einsetzen gegebener Werte in bekannte Formeln durchgeführt wurde, ohne hiermit ein konkretes Ziel zu verfolgen. Das benötigte mathematische Grundwissen hingegen bereitete den Schülerinnen und Schülern kaum Schwierigkeiten. So waren sie alle in der Lage, die entsprechenden mathematischen Gleichungen aufzustellen und zu lösen, sobald die chemischen Zusammenhänge erfasst wurden.

Fazit und Ausblick

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Schülerschwierigkeiten insbesondere in den Bereichen der Wahl der Lösungsstrategie, der eigenständigen Wahl oder Entwicklung eines Modells, dem chemischen Grundwissen und dem Herausfiltern wesentlicher Informationen bzgl. der Realsituation verortet sind. Vergleicht man dies mit der herrschenden Aufgabenkultur, die von den Autoren mit Hilfe einer Sichtung von Schulbüchern, Zentralabituraufgaben und Fachlehrerinterviews beschrieben werden konnte (Ergebnisse können unserem Beitrag zum Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2013 entnommen werden), so lässt sich feststellen, dass in den Aufgabenformaten kleinschrittige Vorgaben zum Durchlaufen des Modellierungskreislaufs zu finden sind, sodass die Schülerinnen und Schüler keine eigenen Lösungsstrategien entwickeln müssen. Die Rechnungen sind hierbei von der Einbettung in die Realsituationen abgetrennt, zudem lassen sich ausschließlich Anwendungsaufgaben und keinerlei Aufforderungen zu Herleitungen von Modellen finden. Die Informationen in den Aufgabenstellungen sind auf das Wesentlichste reduziert. Weiterhin erfolgen viele Rechenbeispiele nach einem gegebenen Schema, sodass ein Schwerpunkt der Übungen auf den Berechnungen liegt.

Die hier identifizierten Problembereiche hinsichtlich des Modellierungsprozesses spielen also in den eigentlich darauf bezüglichen Aufgaben eine untergeordnete Rolle, wenngleich gerade diesen Aspekten des Modellierens eine Förderung des Verständnisses zugesprochen wird. Bislang gibt es jedoch noch keine Untersuchungen zum Einfluss der Unterrichtskultur bzw. der eingesetzten Aufgabenstrukturen auf das Verständnis im Bereich der Modellierungsprozesse in der Chemie. Insbesondere ist unbekannt, inwieweit sich die Schülerkompetenzen im Bereich mathematischer Modellierungen im Chemieunterricht durch den vermehrten Einsatz von Modellierungsaufgaben beeinflussen lassen. Diese Fragen sollen im Rahmen einer Anschlussstudie geklärt werden.

Literatur

Beck, U., Markic, S., Eilks, I. (2010): Modellierungsaufgaben im Chemieunterricht. In: PdN Chemie in der Schule 6/59, 5 – 7

Borromeo, R., Leiß, D., Blum, W. (2006): Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2006, Vorträge auf der 40. Tagung für Didaktik der Mathematik. Hildesheim und Berlin: Franzbecker

Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. (2010): Gestufte Lernhilfen. In: Boller, S., Lau, R. (Hrsg.) (2010): Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II – Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen. Weinheim, Basel: Beltz

Harisch, F. (1979): Mehr rechnen im Chemieunterricht! In: NiU Physik / Chemie 2/27, 57 - 60

Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S. (2013): Mathematisches Modellieren im Chemieunterricht, In: Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Tagungsband z. Jahrestagung in Hannover 2012 - Inquiry-based learning – Forschendes Lernen, IPN Kiel, 338-340

Katrin Hochberg[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

[1]TU Kaiserslautern
[2]Université de Genève

iMechanics: Untersuchung der Lernwirkung von Smartphones in der Sek. 2

Einleitung

Mit den integrierten Beschleunigungssensoren von alltäglichen technischen Geräten wie Smartphones oder Tablet-PCs lassen sich zahlreiche physikalische Experimente im Bereich der Mechanik durchführen. An verschiedenen Stellen wurden bereits Beispiele dafür, auch für die Einbindung in die Unterrichtspraxis, vorgestellt (z. B. Lück & Wilhelm, 2011; Vogt, Kuhn & Gareis, 2011; Kuhn, Vogt & Wild, 2012; Übersicht über bisherige Publikationen zu Smartphone-Experimenten im englischen Sprachraum: Kuhn, 2014). Die empirische Untersuchung der Wirkung des Einsatzes alltäglicher technischer Geräte als Experimentiermittel fällt dahinter allerdings noch weit zurück: Bis auf eine Pilotstudie zum Smartphone-Einsatz im Bereich der Akustik (Kuhn & Vogt, 2013) hat dieses Thema bisher in der fachdidaktischen Forschung keine Beachtung gefunden. In diesem Beitrag wird eine Studie vorgestellt, die den Einsatz von Smartphones im Bereich der Mechanik in der Sekundarstufe II hinsichtlich des Lerneffekts und der Motivation untersucht.

Forschungshypothesen und theoretische Grundlagen

Wir erwarten, dass sowohl die Motivation, als auch der Lernzuwachs durch die Verwendung von Smartphones als Experimentiermittel im Vergleich zum Einsatz inhaltsgleicher Experimente aus dem traditionellen Physikunterricht gesteigert werden. Diese Annahmen basieren zum einen auf dem theoretischen Rahmen des kontextbasierten Lernens, nach dem der Alltagsbezug eines Experimentiermittels die Motivation positiv beeinflusst (materiale Situierung, vgl. Kuhn & Vogt, 2013). Zum anderen fördert außer der erhöhten Motivation auch die automatische Anzeige von Graphen selbst aufgenommener Daten in Echtzeit das Lernen. Diese Annahme gründet sich auf verschiedene theoretische Arbeiten zur Kognition: die „Cognitive Affective Theory of Learning with Media“ (Moreno, 2005), die „Conceptual Change Theory“ (Posner et al., 1982), der theoretische Rahmen multipler externer Repräsentationen (Ainsworth, 2006) des kooperativen Lernens (Bell & Winn, 2000) und des kontextbasierten Lernens (Bennet, Lubben & Hogarth, 2007). Zusammengefasst lauten die Hypothesen: Die kognitive Belastung des Zeichnens von Graphen kann durch den Smartphone-Einsatz vermieden und so die kognitive Kapazität voll für die Interpretation aufgewendet werden. Die Kommunikation wird durch die Bereitstellung externer Repräsentationen vereinfacht, was das Lernen in der Gruppe effektiver macht, und die Prüfung bestehender und neuer Konzepte wird durch direkte Rückmeldung gefördert, so dass eine Überwindung von Fehlvorstellungen leichter möglich wird.

Intervention und Studienablauf

Die Studie wird mit Schülerinnen und Schülern von sechs verschiedenen Gymnasien aus Rheinland-Pfalz in einem Experimental-Kontrollgruppen-Design als Längsschnitt-untersuchung (Messwiederholung Prä-Post-Follow-up) durchgeführt. Bis zur Entstehung dieses Artikels konnten bereits die Prä- und Posttestdaten von 11 der 15 teilnehmenden Klassen und Kurse gesammelt und ausgewertet werden (N_{ges} = 118, N_{TG} = 86, N_{KG} = 32, 47% weiblich, 52 % männlich).

Die Studie findet eingebettet in den Regelunterricht zu mechanischen Schwingungen statt. Im Vorfeld haben alle Schülerinnen und Schüler mit ihren Fachlehrkräften den harmonischen Oszillator besprochen und die Schwingungsdauerformeln für Feder- und

Fadenpendel kennen gelernt. In der Intervention wird dann mit Versuchen zu Feder- und Fadenpendel dieses Vorwissen angewendet und vertieft. Als neuer Lerninhalt kommt die qualitative Betrachtung eines gekoppelten Pendels hinzu (Aufbauten siehe Abb.1). Die Schülerinnen und Schüler experimentieren selbstständig mit Hilfe von Arbeitsblättern in Zweier- oder Dreiergruppen. Die Versuchsaufbauten sind bei beiden Gruppen prinzipiell gleich, der einzige Unterschied besteht in der verwendeten Pendelmasse: Das Smartphone wird in der Kontroll-Gruppe (KG) durch Schrauben ersetzt. Die Arbeitsblätter sind ebenfalls bis auf wenige Abweichungen gleich: Die Treatment-Gruppe (TG) betrachtet in eigenen Versuchen mit der App selbst erstellte Graphen auf dem Smartphone und vergleicht sie miteinander und mit vorgegeben Graphen auf dem Arbeitsblatt. Für quantitative Messungen der Auswirkungen verschiedener Variablen auf die Periodendauer kann zusätzlich zum Smartphone eine Stoppuhr benutzt werden. Die KG betrachtet nur die Graphen auf dem Arbeitsblatt und untersucht die Periodendauern ausschließlich mit der Stoppuhr.

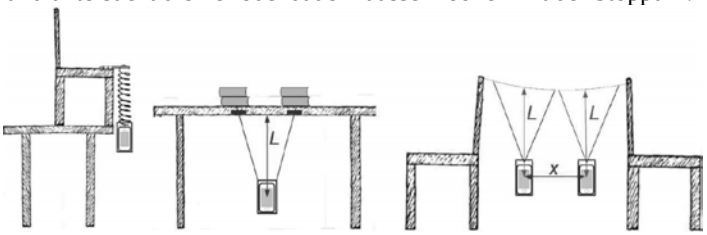


Abb.1: Aufbauten der Experimente: Federpendel, Fadenpendel, gekoppelte Pendel

Im Vorfeld (t_0) werden zunächst die räumliche Vorstellungskraft und die visuelle Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler getestet. In der letzten Fachstunde vor der Intervention (t_1) werden Prätests zur Motivation (in Anlehnung an Kuhn, 2010) und zum Vorwissen (selbst erstellter Konzepttest zu mechanischen Schwingungen mit der Angabe der Sicherheit bei der Aufgabenbeantwortung) durchgeführt. Außerdem werden personenbezogene Daten (Alter, Geschlecht, Schulnoten in Physik, Mathematik und Deutsch), Daten zur experimentellen Vorerfahrung, zu mobilen Endgeräten (Besitz, Nutzung, Einstellung zu und Sicherheit im Umgang mit Smartphones) und zur allgemeinen Neugier erhoben. Anschließend findet die Intervention über vier Schulstunden statt. In der nächsten Fachstunde nach der Intervention (t_2) werden die Schülerinnen und Schüler nach ihrer Einschätzung der Schwierigkeit der Experimentierphase und der durch die Intervention geweckte Neugier befragt. Nach sechs oder 16 Wochen Unterricht beim Fachlehrer (t_3, Unterschied in der Zeitspanne bedingt durch die Sommerferien) wird dann ein Follow up-Test zu Motivation und Leistung durchgeführt (siehe Abb.2).

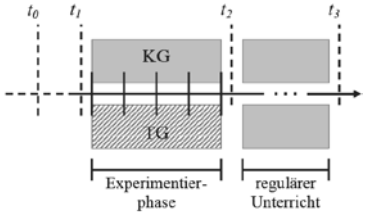


Abb.2: Studiendesign

Ergebnisse

Da die Datensammlung noch nicht abgeschlossen ist, wurde noch keine umfassende Analyse der Daten durchgeführt. Dies soll nach Abschluss der Erhebung mittels einer multivariaten Regressionsanalyse geschehen. Erste Vergleiche der Gruppenmittelwerte im Prä- und Posttest zeigen bisher weder bei der Leistung noch bei der Motivation einen signifikanten

Unterschied zwischen den Gruppen. Es wurde allerdings bei der durch das Treatment erweckten Neugier im Bezug auf physikalische Phänomene bei der TG ein signifikant höherer Wert gemessen als bei der KG ($F(1, 116) = 4{,}3$; $p = 0{,}04$; $d = 0{,}37$).

Episodisches Gedächtnis

Zusätzlich zu Leistung und Motivation wird im Follow-up-Test das fachbezogene episodische Gedächtnis untersucht. Im Gegensatz zum semantischen Gedächtnis, in dem allgemeines Wissen gespeichert ist (z. B. die Schwingungsdauerformel für das Fadenpendel), werden im episodischen Gedächtnis persönliche Erinnerungen an Details der Lernsituation abgelegt (unter welchen Umständen man selbst diese Formel gelernt hat: z. B. wann, wo, von wem, mit wem zusammen,...). Das episodische Gedächtnis spielt dabei eine wichtige Rolle für das Lernen, da durch Abstraktion und Reduktion der Details aus episodischen Erinnerungen semantisches Wissen entstehen kann (Conway, 2009) und weil es bei der Bildung mentaler Modelle hilft (Moreno, 2005). Affektive Komponenten der Lernsituation und ein regelmäßiger Abruf der Erinnerung fördern ein intensives und leicht zugängliches episodisches Gedächtnis. Dies ist bei der Interventionsgruppe durch die zumeist positive Einstellung gegenüber Smartphones und die häufige Konfrontation mit diesem Lernmedium in anderen Kontexten gegeben, weshalb sich ein Unterschied zwischen den Interventions- und Kontrollgruppe vermuten lässt. Die Untersuchung des episodischen Gedächtnisses in instruktionalen Kontexten ist allerdings kaum verbreitet, sodass zu diesem Zweck ein eigenes Testinstrument entwickelt werden musste. Dieses kombiniert verschiedene Formate wie die Wiedererkennung von Bildern oder die verbale Wiedergabe von Details der Lernsituation und verschiedene Offenheitsgrade und wird in der laufenden Studie erprobt.

Danksagung

Katrin Hochberg dankt der Wilfried-und-Ingrid-Kuhn Stiftung für Physikdidaktik für die finanzielle Förderung.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A Conceptual Framework For Considering Learning with Multiple Representations. In A Framework For Learning with Multiple Representations, 1-23.

Bell, P. & Winn, W. (2000). Distributed Cognitions, by Nature and by Design. In D. H. Jonassen & S. M. Land (Eds.), Theoretical Foundations of Learning Environments, 123-146.

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. Science Education 91 (3), 347-370.

Conway, M. (2009). Episodic Memories. Neuropsychologie 47, 2305-2313.

Kuhn, J. (2014). Relevant information about using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments. Am. J. Phys. 81 (paper accepted).

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

Kuhn, J., Vogt, P. & Wild, M. (2012). Experimente mit Smartphones – grundlegende Mechanik. RAAbits Physik 28 (8), 1-30.

Kuhn, J. & Vogt, P. (2013). Smartphone & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. In A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, J. Pretsch & W. Schnotz (Eds.), Multiple Perspecitves on Teaching and Learning (accepted).

Lück, S. & Wilhelm, T. (2011). Beschleunigungspfeile mit dem iPhone. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 60 (7), 27-29.

Moreno, R. (2005). Instructional Technology – Promise and Pitfalls. In Technology based education: bringing researchers and practitioners together, 1-19.

Posner, G.J, Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education 66, 211-227.

Vogt, P., Kuhn, J. & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones – Beispielexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. PdN PHYSIK in der Schule 60 (7), 15-23.

Michael Hirth[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

[1] TU Kaiserslautern
[2]Université de Genève

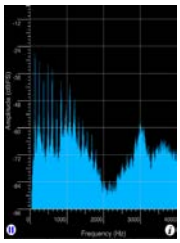
iAcoustics – Smartphones im Bereich Schwingungen und Wellen

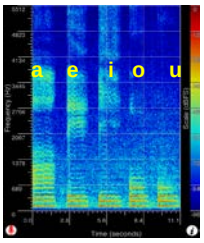
Mobile Endgeräte wie Tablets, aber vor allem Smartphones, sind heute ein Bestandteil der Lebenswelt der meisten Schülerinnen und Schüler (z. B. Feierabend, 2013). Dabei ist die Nutzung dieser Geräte bei vielen auf Kommunikation, Unterhaltung und der mobilen Internetverfügbarkeit begrenzt. Die didaktischen Möglichkeiten reichen aber weit über bloße Informationsrecherchen oder der Speicher- und Abspielfunktion für Audio und Video hinaus. Mobile Endgeräte ermöglichen dank Ihrer internen Sensoren und geeigneten Anwendungsprogrammen (Apps) präzise und thematisch vielfältige Messungen physikalischer Größen, wie z. B. Druck, Kraft, Lichtstärke und Schalldruck. Abbildung 1 vermittelt einen Eindruck von akustischen Messungen und dabei verwendeten Apps (hier für iOS) anhand von exemplarischen Screenshots.

Speicheroszilloskop

Tongenerator

Schallpegelmesser


Spektrometer



Sonagramm

Abb. 1: Überblick über akustische Messungen und verwendete Apps (links oben: App Oscilloscope, links unten: App Audio Kit, dann von links nach rechts: App Noise Immission Analyzer als Schallpegelmesser und App SpectrumView + als Spektrometer und Sonagramm

Die genannten Möglichkeiten, die Smartphones und Tablets bieten, können wesentlich dazu beitragen Unterrichtsprozesse und Unterrichtsinhalte zu bereichern (West & Vosloo, 2013). Ein weitergehender Aspekt trägt schließlich einem wesentlichen Charakteristikum der „Mobile Technology“, zu denen Smartphones und Tablets im Besonderen zu zählen sind, Rechnung: Mobiles Lernen kann jederzeit und an jedem Ort stattfinden. Mobile Endgeräte zeichnen sich dadurch aus, dass sie spontan, persönlich, informell, kontextuell, universell und allgegenwärtig eingesetzt werden können (Avraamidou, 2008). Dieser letztgenannte Aspekt in Kombination mit der weiten Verbreitung und Akzeptanz der Geräte bildet einen Ansatz zur Förderung informeller Lernprozesse.

Ziele des Projektes iAcoustics und Forschungsfragen

Hauptziel des Projektes iAcoustics ist die Animierung von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe zu einem freiwilligen, informellen Lernen und Experimentieren mit Smartphones/Tablets zum Thema Akustik. Dies geschieht im Anschluss an einen

schüleraktiven Schülerlaborbesuch am iPhysics Lab zum gleichnamigen Themenmodul iAcoustics. Abbildung 2 fasst die unten ausgeführten Aspekte schematisch zusammen.

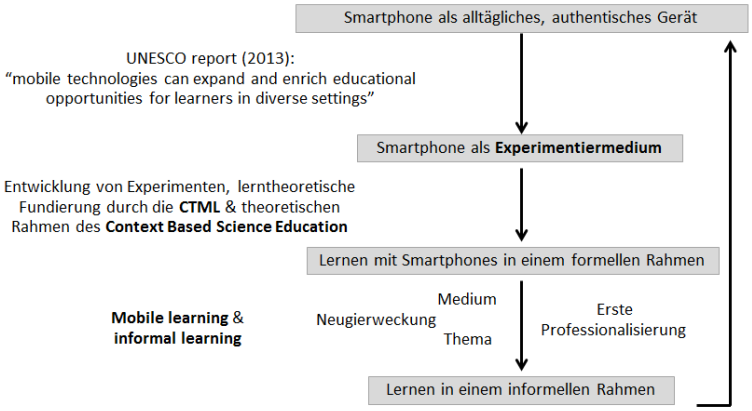


Abb. 2: Informelles Lernen mit mobilen Endgeräten wie Smartphone oder Tablet als Lerntools und Messlabore muss im formellen Unterricht vorbereitet werden.

Ein wesentlicher Grundstein, der gelegt werden muss, um informelles Lernen und Experimentieren mit mobilen Endgeräten zu erreichen, ist die Förderung von situationalem Interesse. So versucht das Themenmodul den Schülerinnen und Schülern einerseits bewusst zu machen, dass das Thema Akustik ein sehr vielseitiges Teilgebiet der Physik darstellt, welches einen hohen Lebensweltbezug besitzt und für die Lernenden persönlich relevant ist. Daneben lernen die Schülerinnen und Schüler im praktischen Umgang mit Smartphones weitere, ihnen in der Regel unbekannte Einsatzmöglichkeiten der mobilen Endgeräte kennen. Diese beiden, die Neugier weckenden Aspekte können eine Bereitschaft fördern, sich über eine kurzzeitige Aufmerksamkeit hinaus mit Inhalten des Themenmoduls weiter zu beschäftigen.Informelles Lernen findet oft unkritisch, unreflektiert und auch fehlerhaft statt (Dohmen, 2001). Deshalb stellt das Experimentieren selbst und eine gezielte den Schülerlaborbesuch umrahmende und in den Regelunterricht integrierte Vor- und Nachbereitung den zweiten Grundstein zur Vorbereitung auf autonomes informelles Lernen dar. Die sichere Verwendung der Apps, der fachbezogene kompetente Umgang mit verschiedenen Darstellungs- und Repräsentationsformen von und für Schall (Oszillogramm, Frequenzspektrum, Sonagramm, Angaben des Schallpegels in dB) und die Fähigkeit aufgenommene Daten korrekt zu interpretieren wird daher als ein zweiter entscheidender Aspekt angesehen, um informelles Lernen zu fördern.
Hieraus leiten sich folgende Forschungsfragen ab.
FF1 – In welchem Ausmaß wird informelles Lernen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe durchgeführt?
FF2 – Welche Indikatoren fördern die Bereitschaft und die Durchführung von informellem Lernen?
FF3 – Bewirkt das Angebot eines informellen Lernarrangements durch ein Autonomie- und Kompetenzerleben nachhaltigere Effekt auf Motivation und Leistung des Schülerlabors (Hold – Komponente)?
FF4 – In welchem Maße kann das informelle Lernangebot Repräsentationskompetenz im Bereich der Akustik fördern?

Studiendesign und lernbegleitende Materialien
Das Projekt iAcoustics ist in das in Abbildung 3 dargestellte Forschungsdesign eingebettet. Kernstück der Intervention ist eine etwa 180 min umfassende Experimentierphase am

Schülerlabor iPhysics Lab. Dazu werden insgesamt acht Stationen angeboten, in denen das Smartphone zur Messung akustischer Signale eingesetzt werden kann. Neben fünf Stationen, deren Tiefe der Bearbeitung jeder Schülergruppe selbst überlassen bleibt und deren Ziele und Ergebnisse am Ende der Experimentierphase in kurzen und eher spontanen Präsentationen demonstriert werden, gibt es drei verpflichtende Stationen (Schallgeschwindigkeitsbestimmung, Untersuchung des Schalldruckpegels und die Aufnahme von Spektren und Oszillogrammen zu verschiedenen Schallarten). Diese werden in einer Doppelstunde vor dem Besuch des Labors motiviert und fachlich vorbereitet. Nach dem Besuch müssen die Schülerinnen und Schüler Kurzvorträge zu diesen Stationen in einer Reflexionsstunde halten. Diese Stunde bietet zudem Platz für einen allgemeinen Rückblick und eine Ergebniszusammenfassung. Auch können aufkommende Fragen und Probleme beantwortet und gelöst werden.
Das Konzept von iAcoustics sieht in Anlehnung und Ergänzung zu jeder der 8 Stationen Vorschläge zur weiteren Beschäftigung mit deren Inhalten vor. Sie werden in Form einer Broschüre ausgegeben und enthalten neben praktischen, mit den Endgeräten experimentell zu erschließenden Anregungen auch theoretische Grundlagen.
Aus jedem, der das Schülerlabor besuchenden Kurse, werden mittels der Ausprägung der geweckten Neugierde (als Indikator einer catch-Komponente des situationalen Interesses) besonders neugierige, eher neugierige und wenig neugierige Schüler ausgewählt, denen eine Broschüre samt Tablet ausgehändigt werden. Eine Interviewstudie direkt vor der Aushändigung und eine Interviewstudie nach einigen Wochen direkt im Anschluss an einen Follow-up-Test begleiten diese Phase der Intervention. Sie dienen einerseits der Validierung von verwendeten Testinstrumenten und anderseits, um Gründe für das (Nicht-) Gelingen und die (Nicht-) Akzeptanz des Themenmoduls und der informellen Anregungen auf Individualebene zu identifizieren.

Zeitpunkte (Dauer)	U-Stunde	Experimentalgruppe
Vor Besuch am IPL (135 min)	1-3	**Prä-Test (45')** Kovariaten, Motivation, Leistungstest
		Vorbereitungsstunde (90') Vorbereitung der Pflichtstationen, Reduktion Novelty Space
Besuch im Schülerlabor (180 min)	4-7	iPhysics Lab iAcoustics: 3 Pflichtstationen; 3 physikspezifische Wahlstationen; 2 Wahlstationen Spiel und Spaß
Folgende Doppelstunde nach Intervention (90 min)	8-9	**Nachbearbeitungsstunde (45')** Kurzvorträge, Reflexion
		Post-Test (45') Motivation, Neugier, Leistungstest
Zeitnah nach dem Posttest (je ca. 15 min)	-	**Interviewstudie 1 (I1)** • Ausgewählte Fälle • Resümee der Intervention • Aushändigung eines Hefts mit weiterführenden Anregungen • Ausleihe eines iPad minis
einige Wochen	...	*konventioneller Physikunterricht in der Schule*
einige Wochen nach I1 (ca. 30 min)	10	**Follow-Up-Test** Motivation, Leistungstest
Unmittelbar nach FU-Test (je ca. 15 min)	-	**Interviewstudie 2 (I2)** • Resümee über Akzeptanz und Gelingen der weiterführenden Anregungen

Abb. 3: Studiendesign und Ablaufplan der geplanten Hauptstudie

Literatur

Feierabend, S.; Karg, U., Rathgeb, T., (2013): JIM 2013, Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland, Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest Stuttgart

West, M. & Vosloo, S. (2013): UNESCO policy guidelines for mobile learning. Paris: UNESCO Publications

Avraamidou, L. (2008),Prospects of the use of mobile technologies in science education, AACE Journal, 16(3), 347-365

Dohmen, G. (2001): Das informelle Lernen, Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller, BMBF, Bonn

Pascal Klein[1]
Sebastian Gröber[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

[1]TU Kaiserslautern
[2]Université de Genève

Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1

Die Wirksamkeit konventioneller vorlesungsbasierter Physik-Einführungsveranstaltungen wurde in den letzten Jahrzehnten häufig in Frage gestellt: Ein adäquates Konzeptverständnis wird nur unzureichend ausgebildet, in Vorlesungen demonstrierte Experimente bleiben hinter der erwarteten Lernleistung zurück und Laborpraktika fördern kaum experimentelle Kompetenzen (z. B. Crouch et al., 2004). Vor diesem Hintergrund wurden zahlreiche Innovationen entwickelt, die das gemeinsame Ziel teilen, die Lernleistung der Studierenden vor allem durch eine erhöhte „*kognitive Aktivierung"* zu verbessern (z. B. Peer Instruction, Interactive Engagement, s. Crouch & Mazur, 2001). Eine Meta-Analyse über 71 Interventionsstudien in der Eingangsphase Physik zeigte überwiegend positive Resultate, die mit einer mittleren Effektstärke von $d = 0.59$ der traditionellen Lehre ($d = 0.2$) überlegen sind (Ruiz-Primo et al., 2011). Der mit den Innovationen verbundene Aufwand ist jedoch teilweise enorm hoch und erfordert z. B. eine Umstrukturierung der in Deutschland weit verbreiteten dreigeteilten Studieneingangsphase (Vorlesung, Übung, Praktikum). Das Projekt „physics.move" der TU Kaiserslautern setzt in den wöchentlichen vorlesungsbegleitenden Übungen an und ergänzt traditionelle Aufgabenstellungen (T) um experimentelle Anteile, die im gegenseitigen Wechselspiel stehen. Mit geringem organisatorischen Mehraufwand erhalten die Studenten einerseits eine Vorbereitung auf das anschließende Laborpraktikum und durch das Aufgreifen von Vorlesungsexperimenten andererseits eine Vertiefung der Inhalte. Darüber hinaus sollen die Studierenden durch das neue Aufgabenformat motivierter und leistungsfähiger sein. Konkret erhalten die Studierenden eine an eine traditionelle Aufgabenstellung angelehnte Videoaufzeichnung eines Realexperiments, welche sie mit Hilfe geeigneter Software analysieren und auswerten (*Videoanalyse-Aufgabe, VA-Aufgabe*). Außerdem führen Studierende Freihandexperimente mit Alltagsmaterialien durch, videografieren diese mit einem Tablet-PC und werten sie anschließend aus (*mobile Videoanalyse-Aufgabe, mVA-Aufgabe*).

Instruktionsmaterial

Videoanalyse-Aufgaben sind als Sequenz zusammenhängender theoretischer und video-basierter experimenteller Teilaufgaben definiert (Gröber et al., 2014). Sie haben das Ziel, die Theoriebildung durch das Wechselspiel mit experimentellen Aktivitäten und durch erhöhte Anschaulichkeit physikalischer Sachverhalte zu unterstützen. Zu den experimentellen Aktivitäten gehören das Messen von Winkeln und Strecken im Video, die Aufnahme kinematischer Größen (Ort-Zeit-Daten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen) und die Auswertung der Messungen in Form von Diagrammen, Tabellen oder Vektorbildern.

Mobile Videoanalyse-Aufgaben umfassen das eigenständige Experimentieren mit wenigen Alltagsmaterialien und fokussieren auf Hypothesenbildung und -prüfung. Der mathematische Anspruch der Aufgaben ist zugunsten experimentell-operativer und analytischer Fertigkeiten (Variablenisolation, -variation und -kontrolle) reduziert.

Die Aufgaben kontrastieren sich gegenüber bisherigen konventionellen Aufgaben durch

- qualitative, konzeptorientierte Fragestellungen, die auf Beobachtungen basieren,
- experimentelle Aufgabenanteile, die eine (Selbst)Kontrollmöglichkeit der Theorie bieten,
- das explizite Nutzen multipler Repräsentationen (z. B. Diagramme) beim Problemlösen.

Theoretischer Hintergrund, Hypothesen und Forschungsfragen

Die *Conceptual Change Theory* (CCT) hebt die aktive Rolle im Lernprozess als notwendige Bedingung zur Wissenskonstruktion hervor. Im Sinne der CCT beschreibt diSessa die Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses durch die Reorganisation von Wissensfragmenten („knowledge in pieces“) zu einer kohärenten, belastungsfähigen Struktur. Die skizzierten Aufgabenformate erreichen diese kognitive Aktivierung durch das eigenständige Experimentieren (Planen, Durchführen, Messen, Auswerten) und durch die stete Theorie-Experiment-Wechselwirkung (Kontrollinstanz und Antrieb zur Weiterarbeit). Daraus leitet sich folgende Hypothese ab:

(H1) *Das Arbeiten mit einer Kombination von T-, VA- und mVA-Aufgaben führt zu größerem Lernerfolg, d. h. zu einem besseren* ***Konzeptverständnis (der Kinematik)*** *(KK) als das Arbeiten mit ausschließlich traditionellen Aufgaben.*

Die Einschränkung auf das Themengebiet Kinematik ist ein erster Schritt und begründet sich aus der thematischen Nähe zwischen Inhalt und Analysemethode. Ganz im Sinne der Innovation zielt der Vergleich auf einen Aufgabenmix ab, denn bestehende Formate sollen nicht per se ersetzt, sondern sinnvoll ergänzt werden. In Anlehnung an eine vorangegangene Studie untersuchen wir in diesem Beitrag ferner die Entwicklung des akademischen Selbstkonzepts (Klein et al., 2013) und übernehmen die dort motivierte Hypothese:

(H2) *Das Arbeiten mit einer Kombination von T-, VA- und mVA-Aufgaben führt zu einer größeren Motivation und zu höherem* ***akademischen Selbstkonzept*** *(SK) als das Arbeiten ausschließlich mit traditionellen Aufgaben.*

Das wahrgenommene SK hat einen großen Einfluss auf das Lernverhalten und kann in schwierigen Lernsituationen entscheidender sein als die eigentliche Leistungsfähigkeit. Folgende Forschungsfragen liefern Aussagen zur Vergleichbarkeit der Aufgabenformate:

(FF1/2) Gibt es Unterschiede im wahrgenommenen **Cognitive Load** (CL) oder in der **Bearbeitungszeit** (BZ) bei gleichen Aufgaben unterschiedlicher Formate (T-VA-mVA)?

Studiendesign und Testinstrumente

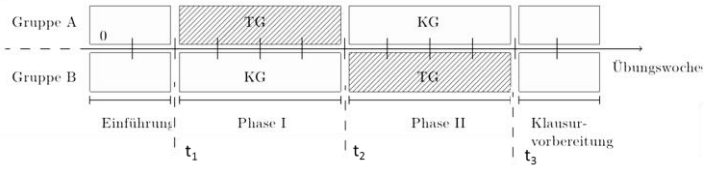


Abb. 1: Rotationsdesign. KG=Kontrollgruppe, TG=Treatmentgruppe

Diese Hypothesen und Forschungsfragen werden durch eine empirische Längsschnittstudie im KG/TG-Rotationsdesign untersucht. Die Kontrollgruppe arbeitet mit rein traditionellen Aufgaben (drei Aufgaben/Woche), während die Treatmentgruppe eine traditionelle und zwei VA/mVA -Aufgaben bearbeitet. Um den Zeitaufwand in beiden Gruppen konstant zu halten, werden die T-Aufgaben um weiterführende Rechenaufgaben ergänzt. Die Intervention dauert vier Wochen während des regulären Vorlesungsbetriebes (VL-Woche 3-6); danach tauschen die Gruppen für weitere vier Wochen ihre Rollen (VL-Woche 7-10). Die Testung der Zielvariablen findet unmittelbar vor der Instruktion (Prä, t_1), zum Zeitpunkt des Gruppenwechsels (Post1, t_2) und zum Ende der Intervention (Post2, t_3) in den Übungen statt.

Das akademische Selbstkonzept wird mit einem Fragebogen (adaptiert aus Kuhn, 2010; 11 Items, Cronbachs $\alpha = 0.91$) erhoben, ebenso die kognitive Belastung (10 Items, Cronbachs $\alpha = 0.90$). Das Konzeptverständnis der Kinematik wird durch eine modifizierte Subskala des FCI getestet. Als Kovariaten werden die Vorleistung in Physik und Mathematik sowie die Abiturnote zu Beginn des Semesters anonym erfragt (freiwillige Angabe). Die Erhebung der Bearbeitungszeit beruht auf Selbsteinschätzung der Studierenden.

Ergebnisse

An dieser Stelle wird nur das Ergebnis zwischen Prä- und Post1-Test berichtet. Im Wintersemester 13/14 nahmen 42 Studenten (davon 31 männlich, 27 Hauptfach-, 3 Lehramtstudenten, 12 o. A.) an der Intervention teil, davon befanden sich 16 in der Treatmentgruppe (13 männlich). Die Daten wurden mittels einer ANCOVA mit Messwiederholung analysiert.

Leistung: Es zeigte sich ein signifikanter Zuwachs von KK in beiden Gruppen mit unterschiedlichen Effektgrößen:

Treatmentgruppe: F (1, 15) = 29.16***, Cohen d = 1.50, Hake-Faktor g = 0,52

Kontrollgruppe: F (1, 25) = 3.80*, d = 0.77, g = 0,22

Der Hake-Faktor g = (%post-%pre)/(100-%pre) ist ein gebräuchliches Maß des Leistungszuwachses (Coletta et al., 2007). Die erzielten Werte stimmen mit den Ergebnissen über traditionelle Lehre ($g \approx 0.2$) und interaktive konzeptorientierte Methoden (g = 0.3-0.6) überein (ebd.). Der positive Effekt der Intervention zeigt sich auch in signifikanten gruppenspezifischen Unterschieden des Leistungsverlaufes: F (1, 37) = 5.31*, d = 0.76.

Motivation: Hier konnten aufgrund identischer Instrumente Daten aus der aktuellen und der vorangegangenen Studie (Klein et al., 2014) aggregiert werden. Gruppenspezifische Unterschiede im Verlauf des SK waren signifikant: F (1, 48) = 8.6**, d = 0.85. Dies bestätigt die zuvor erzielten Ergebnisse größerer Stichprobe (ebd.). Signifikante Einflüsse der Kovariaten auf den Zeitverlauf wurden jeweils nicht festgestellt. Bezüglich FF1 und 2 ergaben sich keine sign. Unterschiede im CL und BZ.

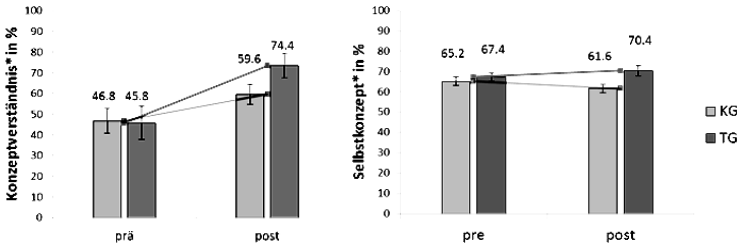


Abb. 2: Auf Kovariaten adjustierte Mittelwerte der Zielvariablen

Danksagung

Wir danken der Wilfried-und-Ingrid-Kuhn Stiftung für Physikdidaktik für die finanzielle Förderung des Erstautors und dem Fachbereich Physik der TU Kaiserslautern für die hervorragende Kooperation.

Literatur

Coletta, V.P., Phillips, J.A. and Steinert, J.J. (2007). Interpreting Force Concept Inventory scores: Normalized gain and SAT scores. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 3(1).

Crouch, C. H.; Fagen, A. P.; Callanc, J. P. & Mazurd, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? In: American Journal of Physics, 72, S. 835-838.

Crouch, C.H. & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. In: American Journal of Physics 69, 9, S. 970-977.

Gröber, S., Klein, P. & Kuhn, J. (2014). Video-based problems in introductory mechanics physics courses. Eur. J. Phys. 35 055019.

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2013). Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 312 - 314). Kiel: IPN.

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

Ruiz-Primo, M. A., Briggs, D., Iverson, H., Talbot, R., & Shepard, L. A. (2011). Impact of undergraduate science course innovations on learning. In: Science, 331, 6022, S. 1269-1270.

Martin Hawner[1,2]
Andreas Müller[3]
Sascha Schmeling[1]
Thomas Trefzger[2]

[1]CERN, Genf
[2]Universität Würzburg
[3]Université de Genève

Interessenstudie zu Schülerlaboren mit dem Thema Astroteilchenphysik

Schülerlabore zum Thema Astroteilchenphysik

Im Lehr-Lern-Labor der Universität Würzburg sowie am CERN in Genf sind Schülerlabore zum Thema Astroteilchenphysik entstanden, um moderne Aspekte der Physik für Schülerinnen und Schüler zugänglich zu machen. Während des halbtägigen Schülerlabortags werden zwei verschiedene Experimente eingesetzt. Zum einen werden kosmische Myonen mit Hilfe des „Cosmic Ray Muon Observer "-Experiments („CosMO"-Experiment), einem für Schüler entwickelter Szintillationszähler (Franke et al., 2013), vermessen und zum anderen werden Teilchenspuren mit Hilfe von selbstgebauten Nebelkammern (Kuhar & Kuger, 2012) beobachtet. Anhand des „CosMO"-Experiments soll ein Einblick in die Methoden moderner Forschung gegeben werden. Dieses am Forschungsprozess orientierte Experiment wird dabei durch die gut zugängliche und visuelle Darstellung der Nebelkammer ergänzt.

Evaluationsstudie

In einer quasiexperimentellen Interventionsstudie mit Versuchsgruppen- und Kontrollgruppen-Design wird die Entwicklung des Interesses in außerschulischen Lernorten untersucht. Insbesondere sollen die Effekte einer Nachbereitung im Unterricht auf das Interesse untersucht werden. Die theoretischen Grundlagen bilden das im Rahmen der Person-Gegenstands-Theorie formulierte Interessenkonstrukt (Krapp, 1992) sowie die in Bezug auf Interessenentwicklung genannten Bedingungen (z. B. „catch"- und „hold"-Komponenten: Mitchell, 1993; Krapp, 2002).
In mehreren Studien (z. B. Engeln, 2004 oder Pawek, 2009) wurde bereits gezeigt, dass in außerschulischen Lernorten aktuelles Interesse geweckt werden kann. Dieses nur kurz anhaltende Interesse flacht normalerweise nach der Veranstaltung schnell wieder ab. Insofern stellt sich die Frage, ob durch eine Nachbereitung („hold"-Komponente) im Unterricht das erzeugte aktuelle Interesse stabilisiert werden kann, was eine Grundvoraussetzung für die Ausbildung von dispositionalem Interesse ist.

Studiendesign

Mit Hilfe von pre-, post- und follow-up-Fragebögen wurden die Schüler zu den jeweiligen Variablen befragt. Der pre-Fragebogen wurde direkt vor und der post-Fragebogen im Anschluss an den Schülerlabortag eingesetzt. Anschließend haben mehrere Klassen eine ein- bis zweistündige vorbereitete „kontrollierte" Nachbereitung (NG_k) bekommen. In einer weiteren Gruppe haben Lehrkräfte den Schülerlabortag mit eigenen Unterrichtsentwürfen „frei" nachbereitet (NG_f) und ein weiterer Teil der Schüler hat gar keine Nachbereitung durchlaufen (KG). Nach acht bis zwölf Wochen wurden alle Schüler ein weiteres Mal mit Hilfe eines follow-up-Fragebogens befragt.

Ergebnisse

Wie bereits im Abschnitt „Evaluationsstudie" erwähnt, spielt das aktuelle Interesse in der Interessenausbildung eine zentrale Rolle. Mittels Faktorenanalyse wurden drei Dimensionen bestätigt, die (ähnlich) auch schon in früheren Studien (Pawek, 2009) gefunden worden waren: *emotional* (2 items, $\alpha_{post} = .84$, $\alpha_{follow\text{-}up} = .91$, Beispielitem: *„Die Experimente haben*

mir keinen Spaß gemacht.“), *experimentell*[1] (7 items, α_{post} = .86 , $\alpha_{follow\text{-}up}$ = .85, Beispielitem: *„Das eigenständige Experimentieren war mir wichtig.“*) *und epistemisch* (4 items, α_{post} = .83 , $\alpha_{follow\text{-}up}$ = .81, Beispielitem: *„Ich werde versuchen, mehr Informationen über die behandelten Themen zu bekommen.“*).

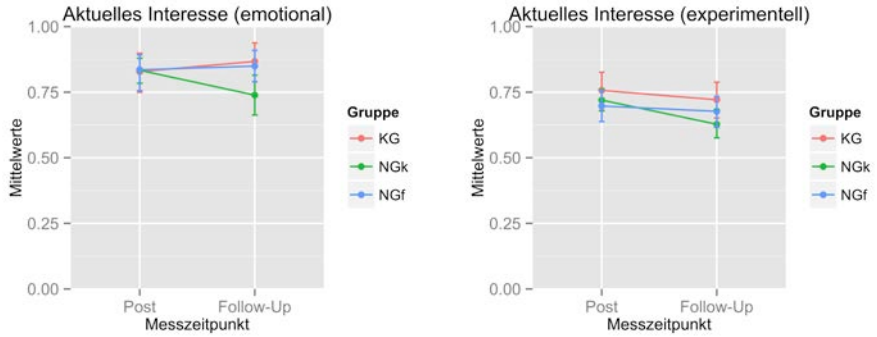


Abb. 1 Mittelwerte der emotionalen Komponente (links) und experimentellen Komponente (rechts) des aktuellen Interesses. Fehlerbalken: 95% Konfidenzintervall

Mittels varianzanalytischer Verfahren (*mixed designs ANOVA*) konnten für die emotionale Komponente (siehe Abb. 1) keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, wenn allein der zeitliche Verlauf oder die Gruppen betrachtet werden. Genauso konnten keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen den Gruppen und dem zeitlichen Verlauf festgestellt werden. Allerdings zeigte sich mit *„multilevel model“*-Verfahren[2] und der Betrachtung von Kontrasten ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen NG_k und NG_f bei Vergleich der post- und follow-up-Testwerte (b = -0.05, $t(90)$ = -2.14, $p < .04$).
Bei Betrachtung der experimentellen Komponente (siehe Abb. 1) konnte ein signifikanter Haupteffekt für den zeitlichen Verlauf berechnet werden ($F(1, 88)$ = 14.81, $p < .001$, η^2 = 0.017). Auch war der zeitliche Verlauf für diese Dimension des aktuellen Interesses zwischen den 3 Gruppen signifikant verschieden ($F(2, 88)$ = 3.86, $p < .03$, η^2 = 0.009). Mithilfe von *„multilevel model“*-Verfahren konnten die Ergebnisse der varianzanalytischen Verfahren bestätigt werden und ein signifikanter Unterschied zwischen post- und follow-up-Testwerten ($\chi^2(1)$ = 15.07, $p < .0002$) sowie eine signifikante Interaktion zwischen den Gruppen und dem zeitlichen Verlauf ($\chi^2(2)$ = 7.66, $p < .03$) gezeigt werden. Bei der Betrachtung der Kontraste findet sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe mit „kontrollierter“ Nachbereitung NG_k und der Gruppe mit „freier“ Nachbereitung NG_f unter Beachtung der post- und follow-up-Werte (b = -0.04, $t(88)$ = -2.73, $p < .01$). Signifikante Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den jeweiligen Gruppen mit Nachbereitung sind nicht vorhanden.
Varianzanalysen zur epistemischen Komponente des aktuellen Interesses (siehe Abb. 2) ergaben lediglich einen Haupteffekt zwischen post- und follow-up-Werten ($F(1, 90)$ = 17.73, $p < .0001$, η^2 = 0.038). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ($F(2, 90)$ = 0.16, p = 0.85, η^2 = 0.003) sowie die Interaktion zwischen Gruppen und zeitlichem Verlauf

[1] Die *experimentelle* Komponente entspricht größtenteils der aus der Theorie bekannten *wertbezogenen* Komponente. Allerdings konnten die drei Komponenten durch eine Faktorenanalyse nicht exakt reproduziert werden, wodurch sich eine veränderte Struktur ergab. Die Problematik wurde auch schon in anderen Studien beobachtet (z. B. Schiefele, 1996; Köller, Trautwein, Lüdtke & Baumert, 2006). Es wurde daraufhin entschieden, die passendere Bezeichnung *experimentelle* Komponente zu wählen.
[2] Darstellung einer mixed designs ANOVA als Erweiterung einer Regression unter Verwendung der freien Software R und des Pakets „nlme“ (Pinheiro & Bates, 2014).

($F(2, 90) = 1.34$, $p = 0.27$, $\eta^2 = 0.006$) gab es jeweils nicht. Gleiches wurde auch mithilfe des *multilevel model* Ansatzes beobachtet.

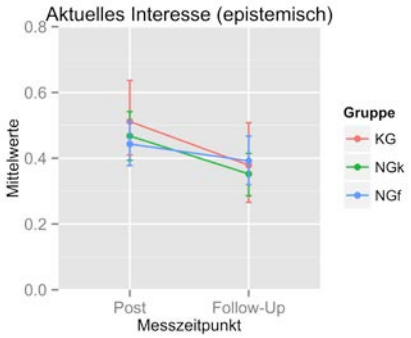


Abb. 2 Mittelwerte der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses. Fehlerbalken: 95% Konfidenzintervall

Diskussion

Der zunächst erwartete positive Effekt der kontrollierten Nachbereitung konnte nicht bestätigt werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass Lehrer mit eigens entwickelten Unterrichtsentwürfen wesentlich engagierter unterrichten.

Bei der emotionalen und experimentellen Dimension des aktuellen Interesses wird die aus anderen Studien bekannte, negative Entwicklung bei der follow-up-Messung nach zwölf Wochen zumindest durch eine „freie“ Nachbereitung aufgehalten. Daher kann hier von einer Stabilisierung (siehe Abschnitt *Evaluationsstudie*) des aktuellen Interesses in der emotionalen und experimentellen Komponente ausgegangen werden. Überraschend ist, dass die Kontrollgruppe ähnlich stabil abgeschnitten hat, wie die Gruppe mit freier Nachbereitung. Hierzu sind weitere Detailanalysen in Arbeit.

Literatur

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaft und Technik zu wecken. (Diss., Universität Kiel)

Franke, R., Holler, M., Kaminsky, B., Karg, T., Prokoph, H., Schönwald, A., Schwerdt, C., Stössl, A. & Walter, M. (2013). CosMO - A Cosmic Muon Observer Experiment for Students. In 33RD International Cosmic Ray Conference: The Astroparticle Physics Conference. Rio De Janeiro. Zugriff am 29. September 2014, unter http://arxiv.org/pdf/1309.3391v1.pdf

Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O. & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20 (1), 37-29

Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), Interesse, Lernen, Leistung, 291-329

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. Learning and Instruction, 12, 383-409

Kuhar, M. & Kuger, F. (2012). Selbstbau einer Nebelkammer. In M. Kobel & T. Trefzger (Hrsg.) Materialsammlung – Kontextmaterialien für Lehrkräfte. Zugriff am 29. September 2014, unter http://www.teilchenwelt.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Netzwerk_Teilchenwelt/Material_Lehrkraefte/Materialsammlung-Lehrkraefte-2014.pdf

Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. Journal of Educational Psychology, 85 (3), 424-436

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessenfördernde ausserschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. (Diss. Universität Kiel)

Pinheiro, J. & Bates, D (2014). nlme (Linear and Nonlinear Mixed-Effects Models): Paket der freien Statistiksoftware R. Zugriff am 08.10.2014, unter http://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf

Schiefele, U. (1996). Motivation und Lernen mit Texten. Hogrefe Göttingen.

Alexander Molz[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

[1]TU Kaiserslautern
[2]Universität Genf

Lehren, Lernen & Forschen im Physik-Schülerlabor *iPhysicsLab*

Schülerlabore, Science Center und andere außerschulische Lernorte stellen eine fachdidaktisch relevante und lernpsychologisch gut begründete Entwicklung mit großem „Boom" in den letzten zehn Jahren im deutschsprachigen Raum dar. Lerntheoretische Grundlagen hierzu finden sich sowohl in der Interessenforschung (Person-Object-Theorie of Interest (Krapp, 2003); Fähigkeitsselbstkonzept (Moschner, 2001); Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1993)), als auch in der Theorie des kontextorientierten Lernens (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Hieraus erschließen sich wesentliche Grundzüge vieler Schülerlabore wie Authentizität oder Kontextorientierung. Was die Wirksamkeit von Schülerlaboren betrifft, so hat die empirische Forschung der vergangenen Jahre jedoch mehrheitlich nur kurzfristige Catch-Effekte auf Motivation und Interesse der Lernenden diagnostizieren können. Mögliche Auswirkungen auf den Lernerfolg wurden bisher nur in geringem Umfang untersucht. Um nachhaltige Hold-Effekte und damit eine mittel- bis langfristige Steigerung von Interesse und Motivation zu erzielen und darüber hinaus Effekte auf die Lernleistung zu bewirken, fordern nahezu alle derzeit vorliegenden Studien in ihren Forschungsergebnissen eine bessere Einbindung des außerschulischen Lernortes Schülerlabor in den regulären Physikunterricht der Schule (Pawek, 2009). Aus diesem Grund fokussiert sich der Forschungsansatz des iPhysicsLab auf die Frage einer wirksamen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaboren innerhalb des schulischen Physikunterrichtes.
In diesem Beitrag sollen sowohl die grundlegende Konzeption des Schülerlabors iPhysicsLab anhand des Themenmodules „Dem Druck auf der Spur" exemplarisch dargelegt, als auch erste Ergebnisse einer Interventionsstudie präsentiert werden.

Konzeption des Schülerlabors iPhysicsLab

Deutschlandweit haben sich mittlerweile eine Vielzahl von Schülerlaboren etabliert, die sich in Konzeption und Ausrichtung jedoch maßgeblich unterscheiden und bei genauerer Betrachtung verschiedenen Kategorien zuzuordnen sind (Haupt et al., 2013). Hierbei ist das iPhysicsLab im Wesentlichen als klassisches Schülerlabor anzusehen, das zusätzlich sowohl Aspekte eines Lehr-Lern-Labors beinhaltet, als auch der Wissenskommunikation dienen soll. Die Grundkonzeption ist modulartig angelegt. Im Zentrum eines jeden Themenmoduls steht die Experimentierphase im Schülerlabor an der Universität. Deren Einbettung in den Physikunterricht geschieht in Form von je einer Vor- und einer Nachbereitungsstunde, die in der jeweiligen Schule stattfindet. Hierfür werden eigens konzipierte Materialien zur Verfügung gestellt, welche die Lernenden gezielt unterstützen, aber auch den Arbeitsaufwand seitens der betreuenden Lehrkraft reduzieren. Die Qualität dieser Materialien liegt in der gezielten Vernetzung von Vor- und Nachbereitungsphase mit der Experimentierphase. Die Verbindung dieser drei Phasen zu einer zusammenhängenden Lerneinheit soll die Effektivität, aber auch die Nachhaltigkeit des Schülerlabors signifikant erhöhen. Die praktische Umsetzung der genannten Kriterien kann exemplarisch anhand des curricular validen Themenmodules „Dem Druck auf der Spur" gezeigt werden. Hier besteht die Experimentierphase aus vier Experimenten zu den Themen hydrostatischer Druck und Auftrieb, welche als Stationenzirkel konzipiert sind und von den Lernenden in Zweiergruppen durchlaufen werden. Für die Vorbereitung stehen verschiedene Unterrichtsmaterialien zum Kontext „Warum schwimmen Schiffe" zur Verfügung. Sie unterstützen die fachliche Vorentlastung der Experimentierphase sowie die

Hypothesengenerierung seitens der Schülerinnen und Schüler. Als Nachbereitung dient ein eigens erstelltes, interaktives Lernquiz, welches gezielt Inhalte des Schülerlabors wiederholt und festigt.

Interventionsstudie

In Verbindung mit dem Themenmodul „Dem Druck auf der Spur“ wurde eine empirische Begleitstudie durchgeführt. Unsere Hypothese ist, dass bei curricularer Verzahnung durch die gezielte Vor- und Nachbereitung positive, nachhaltige Effekte auf die Wirksamkeit des Lernorts Schülerlabor erzielt werden. Im Rahmen einer quasi-experimentellen Interventionsstudie im Versuchs-Kontrollgruppen-Design mit Prä-, Post- und Follow-up Test wurden dazu die Variablen Motivation (Kuhn, 2010) und Lernerfolg (eigener, curricular valider Leistungstest zum Themengebiet „Druck und Auftrieb“) untersucht. Zur Korrektur möglicher a priori Unterschiede innerhalb der Stichprobe wurden zusätzlich die Kovariate Eingangsleistung, Eingangsmotivation, Zeugnisnoten in den Fächern Mathematik, Physik und Deutsch, kognitive Fähigkeiten (Kornmann & Horn, 2001), Lesekompetenz (Lang, Mengelkamp & Jäger, 2004) sowie mögliche Einflüsse durch Betreuer erhoben. Die Stichprobe bestand aus 139 Lernenden der 9. Klassenstufe verschiedener rheinland-pfälzischer Gymnasien. Sie unterteilte sich in zwei Treatmentgruppen (TG1, TG2) und eine Kontrollgruppe (KG). Beide Treatmentgruppen besuchten das Schülerlabor der Universität, jedoch erhielt nur die TG1 den eigens dazu konzipierten, laborbezogenen Vor-/Nachbereitungsunterricht, wohingegen die TG2 einen vom zeitlichen Umfang identischen, jedoch konventionellen Physikunterricht besuchte. Die KG erhielt einen zum Schülerlabor inhaltsgleichen Unterricht gleicher Dauer am Lernort Schule samt laborbezogenem Vor-/Nachbereitungsunterricht (s. Abb. 1), denn nur ein Vergleich von schulischem Physikunterricht und Schülerlabor „auf Augenhöhe“ kann Auskunft über die Wirksamkeit und Sinnhaftigkeit von Schülerlaboren geben.

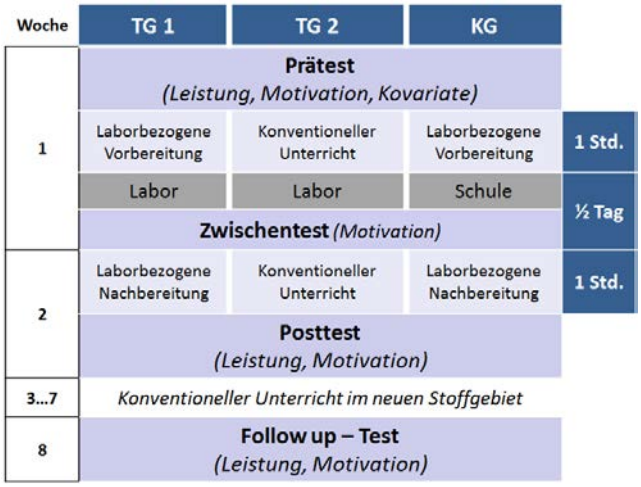


Abb.1: Studiendesign der Interventionsstudie „Dem Druck auf der Spur“.

Abbildung 2 zeigt die deskriptiven Daten der untersuchten Variablen Leistung und Motivation. Für die Variable Leistung zeigt die Kovarianzanalyse, dass TG1 und KG signifikant höhere Lernleistungsergebnisse aufweisen als TG2, und das sowohl zum Post-, als auch Follow up-Zeitpunkt (Post: $F(2,144) = 11{,}22$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}83$; Follow up: $F(2,140) = 6{,}79$, $p = 0{,}002$, $d = 0{,}68$). TG1 und KG unterscheiden sich hingegen nicht signifikant voneinander. Für die Variable Motivation lässt sich am Tag der

Schülerexperimente über alle Gruppen hinweg - einschließlich KG - ein signifikanter Anstieg nachweisen. Zwischen den Gruppen treten allerdings zu keinem Testzeitpunkt signifikante Unterschiede auf.

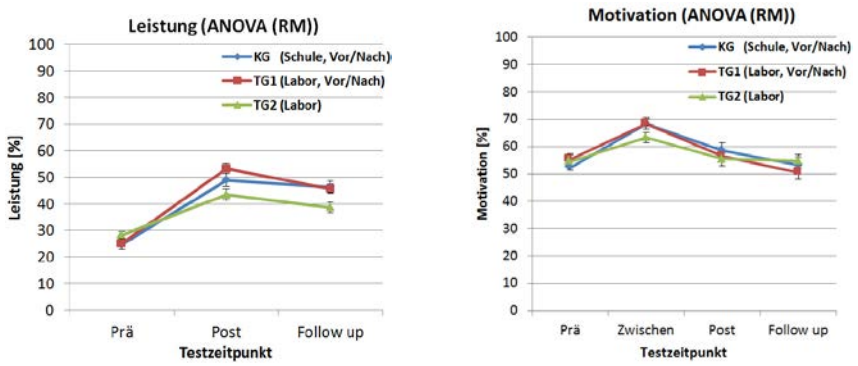


Abb.2: Deskriptive Daten der Interventionsstudie "Dem Druck auf der Spur" (Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes)

Zusammenfassung

Das Physik-Schülerlabor iPhysicsLab der TU Kaiserslautern ist ein klassisches Schülerlabor. Das Forschungsinteresse liegt in der Untersuchung der Einbettung von Schülerlaboren in den schulischen Physikunterricht und einer damit verbundenen, möglichen Steigerung ihrer Effektivität. Diesbezüglich konnte in einer Interventionsstudie gezeigt werden, dass die Lernwirksamkeit von Schülerlaboren, sofern diese in der Schule gleichwertig abgebildet werden können, nicht per se vom Lernort, sehr wohl aber von ihrer Einbettung in den schulischen Physikunterricht abhängt. Mit anderen Worten: Ein gut vor-/nachbereiteter Experimentiertag in der Schule ist lernwirksamer als ein schlecht vor-/nachbereitetes Schülerlabor. Auf motivationaler Ebene lassen sich weder durch den Lernort Schülerlabor, noch durch die gezielte Vor-/Nachbereitung der Experimente mittel- bis langfristige Hold-Effekte erzielen. Als Konsequenz dieser Forschungsergebnisse stellt sich die Frage nach möglichen Kriterien einer guten und wirksamen Einbettung von Schülerlaboren in den schulischen Unterricht, was im Rahmen weiterführender Studien untersucht werden soll.

Literatur

Krapp, A. (2003). Interest and human development: An educational-psychological perspective.In Development and Motivation. The British Psychological Society, 57-84

Moschner, B. (2001). Selbstkonzept. In D. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz PVU, 629-635

Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238

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. Science Education, 91, 347-370

Pawek,C.(2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler der Mittel-und Oberstufe. http://eldiss.unikiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669.Kiel.

Haupt, O. et al. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6. Neuss: Seeberger Verlag, 324-330

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung. Wiesbaden: Vieweg+Teubner

Kornmann, A. & Horn, R., (2001). Screeningverfahren für Schul- und Bildungsberatung. Frankfurt a. M.: Swets Test Services

Lang, D., Mengelkamp, C. & Jäger, R. S., (2004). Entwicklung von Testverfahren zur Berufsberatung von Schülern. Empirische Pädagogik, 18 (3), 281ff

Rebecca Cors[1] [1]University of Teacher Education St. Gallen
Andreas Müller[2] [2]University of Geneva
Nicolas Robin[1]

Novelty at a mobile laboratory: Pilot study results

The mobiLLab high-technology mobile learning laboratory was developed by the University of Teacher Education in St. Gallen to pique the interest of Switzerland's youth in science and technology (S&T) topics and careers. Existing studies show that while visits with science centers and mobile laboratories sometimes result in positive changes in pupils' S&T interest and knowledge immediately after a visit, changes fade after one or two months (Barmby, 2005; Jarvis, 2005; Brandt et al., 2008; Pawek, 2009; Dowell, 2011; Gassmann, 2012; Sasson, accepted in 2014). Investigation of mobiLLab's effectiveness should dig deeper into possible impact factors uncovered by these studies such as classroom preparation and familiarity with informal learning settings.

A framework for studying novelty at high technology informal learning places

Several existing frameworks for investigating out-of-school learning places (OSLePs) suggest that unfamiliarity is a barrier to learning and interest development. However, these models, such as Orion and Hofstein's (Orion, 1993; Orion & Hofstein, 1994) novelty space theory, are designed for field trip experiences and do not address the particular case of a high-technology laboratory. Therefore, a modified novelty space model was developed based on three factors thought to be most influential on pupils' experience: whether they tinker or seek direction when working with technology (capability dimension), previous experiences with OSLePs (setting dimension), and previous S&T knowledge (cognitive dimension).

Study design for a mobile laboratory

The mobiLLab program brings experiments to secondary schools in the German speaking part of Switzerland. During a typical visit, 14- to 16-year-olds spend a morning or afternoon at four of twelve experimental posts, at which they work in pairs with no frontal instruction. A background investigation of the mobiLLab program, including a literature review (Cors, 2013), indicated priority factors to investigate were classroom preparation, novelty and teacher attitude and how they affect pupils' S&T attributes: interest, attitude and self-concept. A mixed-methods investigation was designed to explore the question, 'How do differences in pupil novelty space and pre-visit activities explain variations in pupils' S&T attributes?' Treatment teachers received additional preparation materials, so that their preparations would vary from that of control group teachers. Relations between preparation and novelty factors (independent variables (IVs)) and pupil attributes (dependent variables (DVs)) were explored through a multivariate analysis of variance (MANOVA) statistical test. By creating a summary DV, MANOVA controls for Type I (false positive) error inflation that comes with repeated statistical tests on individual DVs; the test also identifies interactions between multiple IVs.

Results

Pilot data collection in Spring 2014 involved 9 teachers and 15 of their class groups who experienced a mobiLLab visit. Teachers and pupils completed pre- and post-visit surveys and investigators conducted mobiLLab school visit observations and interviews with all 9 teachers. 208 pupils responded to both pre- and post- surveys (108 male; 97 female; 3 no

response). Using a scale of 1 (never true) to 4 (always true), pupils indicated a somewhat strong tendency to tinker, a very positive perception of their teachers' interest in S&T and somewhat positive S&T attributes. From pre- to the post-survey, interest and self-concept for both technology and for natural science showed small significant decrease (effect sizes, given as Cohen's d, were 0.18 or less), while changes in attitude were not significant (ns).

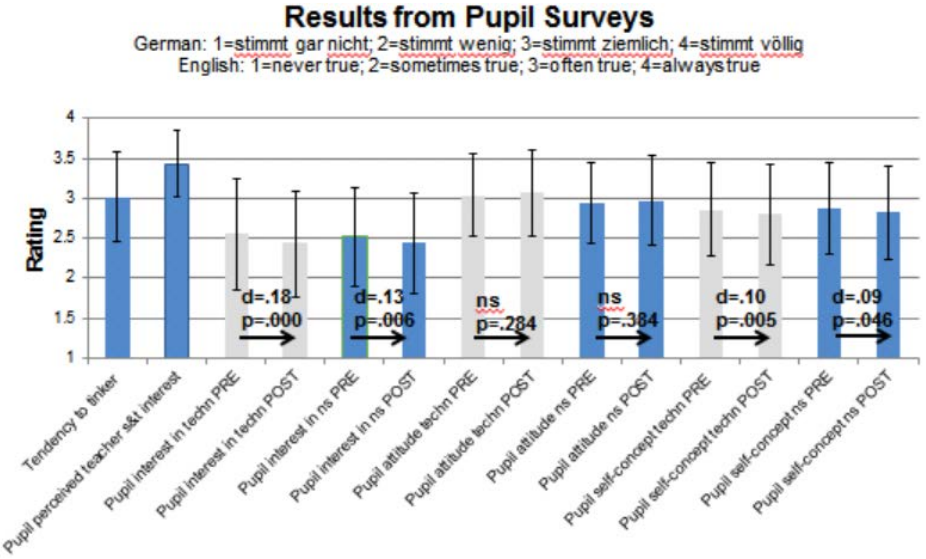


Figure 1: Pupils' tendency to tinker, perceived teacher interest and S&T attributes.

Factors found to significantly affect pupils' S&T attributes are shown in Table 1 below. The magnitude to which each factor explains the variation between two groups, such as between boys and girls, can be roughly interpreted using Cohen's (1988) benchmarks for partial eta squared: small (η_p^2=.01), medium (η_p^2=.06) and large (η_p^2=.14). Results suggest that pupils, who had more positive S&T attributes, were most often boys who tended to tinker, had more experiences with informal learning settings, had higher grades and had experienced a longer preparation (between-group comparison). Changes in pupils' S&T attributes from the pre- to post-visit surveys could be explained by whether or not pupils tended to tinker and differences in classroom preparation time (within-subject changes).

Factors with insignificant effects were how oriented pupils felt for the visit, how engaged pupils were at the visit, perceived importance of learning goal, type of post-visit task pupils completed, the experimental posts pupils worked and perceived teacher interest in S&T.

Discussion and Implications

MANCOVA results indicate that gender, grades and novelty factors, particularly pupils' tendency to tinker, are strong predictors of pupils' S&T attributes. Similarly, data from teacher interviews suggest that pupils' comfort with mobiLLab experimental equipment affects their ability to engage in and profit from a mobiLLab visit. Based on these results, a main study will be designed to focus on novelty space factors. A better understanding of pupils' novelty experiences at the mobiLLab visit, such as how comfortable pupils are with mobiLLab experimental equipment, will add depth to the study. Studies of high-technology OSLePs need to examine orienting and capability factors, which affect how well pupils

engage in these experiences and develop a momentary, situational interest, which, in turn, can contribute to a lasting shifts in dispositional interest.

Table 1: Factors that significantly affect pupil S&T attributes: interest, attitude, self-concept

Factor (Independent Variable)	Pupils' technology attributes				Pupils'natural science attributes			
	df	df error	F	η_p^2	df	df error	F	η_p^2
Between-group comparisons: multivariate effects (p<0.05)								
Tinkers vs seeks direction	3	197	32.3	.34	3	195	13.0	.17
Experience: techn OSLePs	3	195	25.1	.28	3	193	11.4	.11
Experience: n.sci. OSLePs	not significant				3	193	8.3	.15
Math grades	3	195	4.0	.06	3	193	5.2	.07
Science grades	3	194	4.2	.06	3	192	11.0	.15
Preparation type	9	566	4.2	.06	9	467	2.2	.03
Gender	3	191	25.4	.29	3	189	5.7	.08
Perceived peer interest	3	191	4.4	.06	not significant			
Within-subject changes from pre-to post-survey: multivariate effects (p<0.05)								
Tinkers vs seeks direction	3	197	3.4	.05	not significant			
Preparation type (time)	not significant				9	462	2.4	.03

References

Barmby, P., Kind, P. M., Jones, K., Bush, N. (2005). Evaluation of Lab in a Lorry, CEM Center and School of Educaion, Durham University. Final Report.

Brandt, A., Möller, J., Kohse-Höinghaus, K. (2008). "Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up- Erhebung zu Effekten auf Selbstkonzept und Interesse (What's the Effect of Science Laboratories? A Control Group Experiment with Follow-up Data on Self-Concept and Interest)." Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 22(1): 5-12.

Cohen, J. W., Ed. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.

Cors, R. (2013). MobiLLab Program Background Investigation: Directions for Program Improvement and Evaluation Research (Verschaffen eines Überblicks des mobiLLabs). St. Gallen, Switzerland, University of Teacher Education (Pädagogische Hochschule St. Gallen): 32.

Dowell, K. (2011). 2010-2011 EVALUATION OF THE MDBIOLAB PROGRAM. EvalSolutions, Prepared for: MdBio Foundation, Rockville, Maryland: 33.

Gassmann, F. (2012). Das Schülerlabor iLab des Paul Scherrer Instituts. Swithzerland, Paul Sherrer Institute: 2.

Jarvis, T., Pell, A. (2005). "Factors Influencing Elementary School Children's Attitudes toward Science before, during, and after a Visit to the UK National Space Centre." Journal of Research in Science Teaching 42(1): 53-83.

Orion, N. (1993). "A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum." School Science and Mathematics 93(6): 325-331.

Orion, N., Hofstein, A. (1994). "Factors that Influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment." Journal of Research in Science Teaching 31(10): 1097-1119.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesseförderndе ausserschulische Lernumgebuhngen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Mathematisch-Naturwischenschaftlichen Fakultät, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: 260.

Sasson, I. (accepted in 2014). "The Role of Informal Science Centers in Science Education: Attitudes, Skills, and Self-efficacy." Jounal of Technology and Science Education.

Heike Itzek-Greulich[1] [1]Eberhard Karls Universität Tübingen
Stefan Schwarzer[2] [2]IPN Kiel

Potenziale und Wirkungen von Schülerlaboren
Vortragssymposium

Als Reaktion auf Defizite im Bereich naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei Schüler(inne)n (PISA & TIMSS) sollen außerschulische Lernorte die Begeisterung für das Experimentieren sowie das naturwissenschaftliche Verständnis steigern und so den fachlichen Nachwuchs im MINT-Bereich fördern.
Der Begriff des außerschulischen Lernorts ist breit gefasst und beinhaltet, wie der Name schon ausdrückt, eine Lerngelegenheit, die nicht in der Schule stattfindet, wohl aber von einer Lehrkraft begleitet werden soll. Mit einer Aktivität außerhalb des Klassenraums sollen die Möglichkeiten des schulischen und außerschulischen Lernens verbunden werden (Burk & Claussen, 1994). In diesem Punkt ist bereits eine große Herausforderung für die involvierten Lehrkräfte und den Unterricht zu sehen. Wie lassen sich auch lehrplanferne Inhalte eines Besuchs sinnvoll im Unterricht vor- und nachbereiten? Außerschulische Lernorte wie Museen, Planetarien, Science Center oder eben Schülerlabore grenzen sich auch durch pädagogisch vorbereitete, bzw. vorstrukturierte Angebote (Hellberg-Rode, 2004) von anderen Angeboten ab. Braund und Reiss (2006) definieren darüber hinaus fünf Ziele für außerschulisches Lernen, die es idealerweise alle zu erfüllen gilt, was in der Praxis aber wohl kaum immer umfassend gelingt:

- Verbesserte Entwicklung und Integration von fachlichen Konzepten
- Erweiterte und authentische praktische Arbeit
- Zugang zu seltenem Material und echter Forschung
- Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern in der Schule: Förderung von weiterem Lernen
- Soziale Auswirkungen: Zusammenarbeit und Verantwortung für das Lernen

Unter dem Oberbegriff Schülerlabor werden in Deutschland größtenteils außerschulische Einrichtungen zusammengefasst, in denen Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit Lehrkräften im Rahmen schulischer Veranstaltungen moderne Naturwissenschaften und Ingenieurswissenschaften erleben können (Dähnhardt et al., 2007). Im Idealfall zeichnen sich Schülerlabore dadurch aus, dass sie Schülerinnen und Schülern eine Auseinandersetzung mit moderner Wissenschaft erlauben, gut ausgerüstete Labore zur Verfügung stehen und die Jugendlichen selbstständig experimentieren können (Haupt et al., 2013). Ein Ziel des Besuches außerschulischer Lernorte ist die Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit gegenüber den Naturwissenschaften. Zudem soll das Schülerlabor die selbstständige Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Zusammenhängen aktivieren. Ein weiteres Ziel ist, ein zeitgemäßes Bild von Naturwissenschaften und Technik sowie ihrer Bedeutung für die Naturwissenschaften zu vermitteln. Auch sollen Schülerlabore Gelegenheiten schaffen, Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich technischen Bereich kennenzulernen (Engeln & Euler, 2004). Zu den Zielen von Braund und Reiss (2006) kommt demnach noch ein weiteres hinzu: Schülerlabore sollen einen Beitrag zur Berufsbildung leisten.

Zu Recht stellt sich Betreibern, Lehrkräften und den Geldgebern nicht erst seit heute die Frage nach den tatsächlichen Möglichkeiten und (langfristigen) Wirkungen eines solchen Besuchs (Schmidt et al., 2011). Daher begannen mit der Gründung von Schülerlaboren in

Deutschland vor mehr als zehn Jahren auch die ersten empirischen Wirksamkeitsuntersuchungen. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Interessensentwicklung an den Naturwissenschaften während eines Labortages. Dabei konnte eine kurz bis mittelfristige Interessenszunahme festgestellt werden (u. a. Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009). Neben der Interessenentwicklung wurden die Unterrichtseinbindung (Guderian, 2007; Glowinski, 2007), die Motivation (u. a. Brandt, 2005; Zehren, 2009), das Fähigkeitsselbstkonzept (u. a. Brandt, 2005; Pawek, 2009), die Akzeptanz (Scharfenberg, 2005), der Wissenserwerb (Glowinski, 2007; Scharfenberg, 2005) und das Naturwissenschaftsverständnis (Zehren, 2009) sowie Laborvariablen (z. B. Gefallen am Labor, Relevanz der Inhalte, Selbständigkeit der Arbeit im Labor) erhoben.
Insofern besteht in der Forschung zu Schülerlaboren eine große Vielfalt (im Überblick: Priemer & Pawek, 2014), die aber angeglichen werden könnte. Dazu müssten die bereits abgeschlossen umfangreichen Arbeiten als Impuls und Grundlage für neue Folgestudien zu verschiedenen Schwerpunkten, wie beispielsweise die außerschulische MINT-Förderung in der Primarschule, Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den naturwissenschaftlichen Unterricht, angesehen werden. Aufbauend auf der vorhandenen Schülerlaborkategorisierung müsste möglicherweise für einige Labore eine Neukategorisierung stattfinden, um dann anschließend die Schülerlabore nur in den jeweiligen Kategorien miteinander zu vergleichen. Das gemeinsame Interesse der in diesem Symposium vertretenen Autoren und Autorinnen ist es, die Bedeutung impliziter Fragestellungen und Aufgaben aus abgeschlossenen Vorgängerstudien darzulegen und in Hinblick auf das naturwissenschaftsdidaktische Forschungsfeld „Schülerlabore ihre Potenziale und Wirkungen“ herauszuarbeiten und zu beforschen.

Im Symposium wurden das Schülerlabornetzwerk GenaU und drei empirische Beiträge mit verschiedenen Forschungsdesigns präsentiert, welche auf eine systematische Verbesserung von außerschulischen Lehr-Lernarrangements in der Praxis abzielen. Der erste Beitrag stellt verschiedene Schülerlabornetzwerke wie LernortLabor e. V., mit der vor wenigen Jahren vorgeschlagene Schülerlaborkategorisierung (Haupt et al., 2013), in Deutschland vor. Auf Ziele und Kooperationsprojekte des bundesweit größten regionalen Schülerlabor-Netzwerk GenaU (Gemeinsam für naturwissenschaftlich-technischen Unterricht) in Berlin und Brandenburg wird der Vortragsfokus gelegt (Vorst). Der zweite Beitrag richtet die Aufmerksamkeit auf Schülererwartungen und -bewertungen vor und nach einem Besuch des Klick! Schülerlabors in der Kieler Forschungswerkstatt. Ebenfalls wurden Erwartungen von Wissenschaftlern an solch eine Aktivität zur Wissenschaftskommunikation erhoben (Schwarzer, Parchmann). Im dritten Beitrag (Itzek–Greulich) geht es im Schwerpunkt um die Darstellung einer Interventionsstudie, welche die Wirkung der Einbindung eines Schülerlabors auf die Lernfreude erläutert. Der vierte Beitrag dieses Symposiums wendet sich der Frage zu, wie Schüler/innen und Lehrpersonen das Schweizer mobile Lernlabor MobiLab für Primarschüler beurteilen und welche Stärken, Schwächen und Verbesserungspotentiale dieses Lernlabor aufweist (Holmeier).

Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse aller vier Projekte lohnenswert aufeinander bezogen werden können. Zum einem ermöglichen Netzwerke wie LernortLabor oder GenaU Synergieeffekte zu nutzen. Schülerlaborbetreiber können sich untereinander austauschen, voneinander lernen und durch eine gemeinsame Orientierung, wie die seit wenigen Jahren existierende Kategorisierung der Schülerlabore, ihr Profil schärfen und so auch Außenstehenden die Wahl des passendsten Angebots erleichtern. Zum anderen erscheint es bei aller Heterogenität der bereits existierenden Labore ratsam, insbesondere nach den intensiven Diskussionen im Rahmen des Symposiums, die Wirksamkeit dieses besonderen außerschulischen Lernorts näher zu untersuchen. Besonders weil wir eine hohe Qualität

(Dähnhardt, 2009) an Schülerlaboren in Deutschland haben, die es mit maßgeschneiderten, freiwillig anzuwendenden Untersuchungsinstrumenten zu erkennen und zu verbessern gilt. Es sollte dabei darauf geachtet werden, dass die alleine schon von ihren Ausgangsvoraussetzungen denkbar unterschiedlichen Lernumgebungen zu keinem Zeitpunkt untereinander verglichen werden. Dies würde nicht nur den äußerst motivierten Betreibern Sand ins Getriebe streuen.

Literatur

Brandt, A. (2005): Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier.

Braund, M. & Reiss, M. (2006): Towards a More Authentic Science Curriculum: The contribution of out of school learning. In: International Journal of Science Education 28 (12), 1373–1388.

Burk, K. & Claussen, C. (Hg.) (1994): Lernorte außerhalb des Klassenzimmers I. Arbeitskreis Grundschule. Frankfurt.

Dähnhardt, D. (Hg.) (2009): Kursbuch 2010: Schülerlabore in Deutschland. 1. Aufl. Marburg: Tectum-Verl.

Dähnhardt, D., Sommer, K. & Euler, M. (2007): Lust auf Naturwissenschaft und Technik. Lernen im Schülerlabor. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie 18 (99), 4–10.

Engeln, K. (2004): Schülerlabors. Univ, Berlin, Kiel.

Engeln, K. & Euler, M. (2004): Forschen statt Pauken. Aktives Lernen im Schülerlabor. In: Physik Journal 3.

Glowinski, I. (2007): Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebung. Kiel: Christian-Albrechts-Universität.

Guderian, P. (2007): Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. In: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht 66, 324–330.

Hellberg-Rode, G. (2004): Außerschulische Lernorte. In: A. Kaiser und D. Pech (Hg.): Basiswissen Sachunterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 145–150.

Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertationsschrift. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Priemer, B. & Pawek, C. (2014): Out-of-school STEM learning in Germany: Can we catch and hold students' interest? Paper presented at the NARST 2014 annual conference.

Scharfenberg, F.-J. (2005): Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Bayreuth: Universität.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011): Außerschulische Lernstandorte: Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. In: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht 63, 362–369.

Zehren, W. (2009): Forschendes Experimentieren im Schülerlabor. Saarbrücken: Universität.

Kooperationen für die Zukunft
Das Schülerlabor-Netzwerk GenaU

Einleitung

Außerschulische Lernorte wie Schülerlabore an Forschungseinrichtungen, Universitäten, Museen, Science Centern oder Unternehmen möchten das Interesse an Naturwissenschaften wecken und das Verständnis von einem naturwissenschaftlichen Forschungsprozess bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen vergrößern (Ringelband, Prenzel & Euler, 2001; Engeln & Vorst, 2007). Schülerlabore sind informelle Lernorte überwiegend des MINT-Bereichs, der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik umfasst. Das vorherrschende didaktische Konzept ist das forschende Lernen bzw. forschende Experimentieren, bei dem das Experiment im weitestgehend authentischen Umfeld im Vordergrund steht (Dähnhardt, Haupt & Pawek, 2010). Die Inhalte der Schülerlabore sind an die Forschungsthematik der betreibenden Institution angelehnt oder/und an das Schulcurriculum angepasst.

Kategorisierung der Schülerlabore

Das bundesweite Netzwerk Lernort Labor hat Kriterien zu Einordnung der Schülerlabore entwickelt (Haupt et al., 2013), um die heterogene Szene der Schülerlabore zu gliedern, aber nicht zu bewerten. In der Abbildung 1 sind die Kategorien vereinfacht dargestellt.

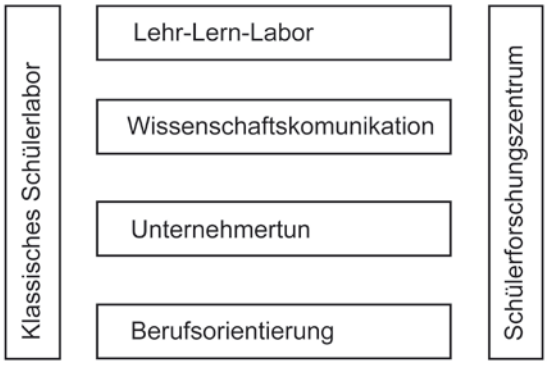


Abb. 1: Schülerlabor-Kategorien

Dem klassischen Schülerlabor, bei dem Breitenförderung im Klassenverband im Fokus ist, stehen die Schülerforschungszentren gegenüber, die Jugendlichen Möglichkeiten zum Experimentieren und projektorientierten Arbeiten in ihrer Freizeit geben. Die Lehr-Lern-Labore sehen ihre Hauptaufgabe in der Ausbildung von Lehrkräften. Schülerlabore zur Wissenschaftskommunikation sind häufig an Forschungseinrichtung lokalisiert und geben Einblicke in die dort stattfindende Forschung. Schülerlabore mit Bezug zum Unternehmertum sind vorzugsweise von Unternehmen der Großindustrie, in denen auch Einblicke in Betriebsprozesse und Produktentwicklungen. Schülerlabore mit Berufsorientierung haben sich besonders diesen Aspekt zur Aufgabe gemacht und arbeiten häufig mit externen Partnern aus der Industrie und Wirtschaft zusammen.
Diese Kategorien versuchen die vielschichtige Schülerlaborszene zu gliedern, häufig arbeiten die Schülerlabore aber multivalent und sind daher mehreren Kategorien zuzuordnen.

Das Schülerlabor-Netzwerk GenaU

Im bundesweit größten regionalen Schülerlabor-Netzwerk haben sich Schülerlabore in Berlin und Brandenburg zusammengeschlossen. 2006 basisdemokratisch ins Leben gerufen, besteht GenaU mittlerweile aus 15 Schülerlaboren und einem Koordinationsbüro. Jährlich experimentieren rund 40‘000 Kinder und Jugendliche an authentischen Arbeitsorten und lernen die verschiedenen Forschungseinrichtungen und die dort arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kennen. Gefördert wird GenaU durch den Arbeitgeberverband Gesamtmetall im Rahmen der Initiative THINK ING und der TSB Technologiestiftung Berlin.

Anfangs als Informations- und Interessenvereinigung gegründet, beabsichtigten die eher heterogenen Akteure des Netzwerks, ihre Ressourcen zu bündeln, inhaltlich zusammenzuarbeiten und voneinander zu lernen. Die zentrierte Öffentlichkeits- und Lobbyarbeit für das Netzwerk wird durch das Koordinationsbüro garantiert, das als Sprachrohr fungiert und administrative Aufgaben, wie die Organisation der Lehrerabordnungen oder gemeinsame Veranstaltungen übernimmt. Das ermöglicht eine effizientere Außenwirkung und stellt eine Bereicherung und Erleichterung für die in diesem Bereich sonst so häufigen Einzelkämpfer dar. Nach innen wird die Zusammenarbeit durch gegenseitige Hilfestellungen in inhaltlichen und organisatorischen Fragen sowie durch den regelmäßigen Austausch und gemeinsame Veranstaltungen oder Projekte gefördert.

Das Netzwerk hat es sich zur Aufgabe gemacht, den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht zu bereichern und Begeisterung für naturwissenschaftliche Themen und Methoden zu wecken. Durch die Anbindung an eine Forschungseinrichtung, Hochschule oder ein Museum – ein bindendes Kriterium des Netzwerks - ermöglichen die Schülerlabore Einblicke in Wissenschaft und forschende Arbeitsweisen und bieten so einen wichtigen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Bildung.

In den Schülerlaboren des Netzwerks GenaU werden regelmäßig Angebote für jede Altersstufe und in allen MINT-Fächern bereitgestellt. Die Experimentierkurse sind für ganze Schulklassen bzw. Oberstufenkurse konzipiert. Im Netzwerk hat man sich bewusst für eine Betonung der Breitenförderung von der Grundschule bis hin zur weiterführenden Schule entschieden. Zusätzlich bieten aber viele Netzwerkmitglieder spezielle Arbeitsgemeinschaften, Projektbetreuungen und Ferienkurse an, um auch die Förderung besonders interessierter und begabter Schülerinnen und Schüler zu gewährleisten.

Das Angebot der Schülerlabore wird abgerundet durch Lehrerfortbildungen, die von allen Netzwerkmitgliedern angeboten werden. Das Netzwerk führt jährlich eine gemeinsame Tagung zur Fortbildung von Lehrkräften und MINT-Akteuren mit Vorträgen, Führungen und Workshops zu bestimmten naturwissenschaftlichen und didaktischen Themen durch. Dadurch ist ein umfassender Überblick über das vielfältige Angebot der Schülerlabore im Netzwerk GenaU möglich. Zudem bietet die Tagung einen passenden Rahmen zum Austausch zwischen Lehrkräften, Wissenschaftlern, Politik und MINT- Akteuren.

In den Schülerlaboren werden forschungsspezifische und fächerübergreifende Themen erarbeitet und angeboten. Obwohl die forschungsnahen Bezugspunkte nicht in jedem Fall eine direkte curriculare Anbindung zulassen, bemühen sich die einzelnen Einrichtungen des Netzwerks um die Nähe zum Rahmenlehrplan. Daher arbeiten die Schülerlabore zumeist in einem interdisziplinären Team von Wissenschaftlern, Didaktikern und Lehrkräften. Die vom Berliner Senat für Bildung, Jugend und Wissenschaft abgeordneten Lehrkräfte stellen für die Berliner Schülerlabore eine wichtige Brücke zwischen Wissenschaft und Schule dar und sind in der Konzeption und Durchführung der Laborkurse eine unverzichtbare Hilfe, die mit der Bildung des Netzwerks aufgebaut und etabliert wurde.

Eine Folge der langjährigen Vernetzung ist das 2011 erstmalig von GenaU durchgeführte Kooperationsprojekt „Experimente mit Herz“, das Pilotcharakter für ganz Deutschland hat. Hier arbeiten 6 der 15 Schülerlabore inhaltlich eng mit führenden Berliner Unternehmen der

Herzforschung und Medizintechnik zusammen. Das Angebot umfasst aufeinander aufbauende und zusammenhängende Projektkurse zum Thema Herz mit verschiedenen Sichtweisen und Vertiefungspunkten sowie unterschiedlichen Methoden für Oberstufenschülerinnen und -schüler. Die Jugendlichen durchlaufen eine exklusive Projektwoche mit Vorträgen, Experimenten und Unternehmenserkundungen, in welcher für sie ein einmaliger und umfassender Einblick in dieses komplexe Thema entsteht, der mit einem eintägigen Besuch in einem Schülerlabor nicht zu erreichen wäre. Die intensive Beschäftigung mit dem Thema als auch die Unternehmensbeteiligung beinhalten für das Netzwerk wichtige Aspekte: Zum einen ergeben sich durch die Kooperation zwischen den Schülerlaboren und den Unternehmen Möglichkeiten, die jede Institution für sich nicht bieten könnte. Beispielsweise werden Einblicke in Berufsfelder aufgezeigt, welche die Labore allein nicht geben könnten. Zum anderen werden die Unternehmen für eine neue Form der Nachwuchsförderung sensibilisiert.

Auch in Zukunft wird die Berufs- und Studienorientierung für das Netzwerk eine wichtige Rolle spielen. Geplant sind weitere Projekte nach dem Vorbild von „Experimente mit Herz“, bei denen Berliner und Brandenburger Schülerlabore und Unternehmen zu verschiedenen naturwissenschaftlich-technischen Themen zusammenarbeiten. Aus diesem Engagement entstehen zukünftig ambitionierte Projekte in der Nachwuchsförderung.

Literatur

Dähnhardt, D., Haupt, O. J. & Pawek, C. (Hrsg.) (2009). Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland, Tectum Verlag Marburg 2009

Engeln, K., & Vorst, S. (2007). Exkursion. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Eds.), Physik-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II: Cornelsen Vlg Scriptor.

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S.; Zehren, W., Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung - In: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht 66, 324–330.

Ringelband, U., Prenzel, M. & Euler M. (Hrsg.) (2001). Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Kiel: IPN.

Stefan Schwarzer IPN Kiel
Ilka Parchmann

Erwartungen von Schülern und Wissenschaftlern an Schülerlaborbesuche

Ausgangslage

Als eine Maßnahme zur Wissenschaftskommunikation in Sonderforschungsbereichen (SFB) haben sich Schülerlabore etabliert; für den SFB 677 „Funktion durch Schalten“ in Kiel ist dies das Schülerlabor Klick! (Schwarzer, Rudnik, & Parchmann, 2013). Es befindet sich in den Räumlichkeiten der Kieler Forschungswerkstatt (www.forschungs-werkstatt.de). Klick! beinhaltet Versuche aus den Themenfeldern „Nano-Grundlagen“, „Methoden & Verfahren“ sowie „chemische Schalter“, die unmittelbare Anknüpfungen an den SFB aufzeigen und Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I und II experimentelle Bearbeitungen in Analogie zu echten Forschungsarbeiten bieten. Die Struktur ermöglicht es, die komplexen Inhalte des Forschungsbereichs didaktisch rekonstruiert (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997) darzustellen.

Für die Entwicklung authentischer Stationen wurden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen einer Interviewstudie zu ihren Vorstellungen bei der Vermittlung von (Nano)wissenschaft an Schülerinnen und Schüler befragt (Tirre et al., in Vorbereitung). Die identifizierten Kategorien werden in die Konzeption und kontinuierliche Weiterentwicklung des vor allem auf Alltagsbezug (Sek. I) bzw. experimentelles Arbeiten (Sek. II) ausgerichteten Laborangebots einbezogen. Außerdem wurden bzw. werden Teaching Experiments (Komorek & Duit, 2007) an ausgewählten Stationen umgesetzt, aktuell zum Rasterkraftmikroskop (AFM), zur Kontaktwinkelmessung an nanostrukturierten Oberflächen oder zu chemischen (Alltags)Schaltern. Das auf diesem Wege erhaltene direkte Feedback der Schülerinnen und Schüler ermöglicht die individuelle Anpassung der Lernstationen.

Weiterhin werden Schülerinnen und Schüler jeweils vor und nach einem Besuch zu ihren Erwartungen und Erfahrungen befragt; diese Untersuchung steht im Fokus der nachfolgenden Ausführungen.

Methode

Mithilfe eines Fragebogeninstruments mit einer vierstufigen Likertskala (Boll, 2013; Schmidt, Di Fuccia, & Ralle, 2011) zur Erfassung von Erwartungen vor und Erfahrungen nach einem Besuch im Schülerlabor konnten 47 Items in Kategorien wie Fachwissen, Authentizität, Alltagsbezug oder Experimentieren bei $N = 80$ (Sek.I) bzw. $N = 164$ (Sek.II) erhoben werden. Die Schülerinnen und Schüler wurden unmittelbar vor den praktischen Arbeiten im Labor sowie nach den ungefähr sechsstündigen Aktivitäten im Klick! befragt.

Für das Junior-Klick! war dabei von besonderem Interesse zu betrachten, inwiefern die Kategorien Alltagsrelevanz und Authentizität von den Jugendlichen eingeschätzt werden (die Ergebnisse werden in Tirre et al., in Vorbereitung, diskutiert). Das Klick! für Lernende der Sekundarstufe II zielt darauf ab, ihnen umfangreiche Möglichkeiten für eigene experimentelle Untersuchungen und ebenfalls Einblicke in authentisches wissenschaftliches Arbeiten zu bieten. Folgende Tabelle zeigt ausgewählte Items des verwendeten Instruments.

Tabelle 1: Beispielitems und Reliabilitäten des Fragebogeninstruments

Skala	*n* Items	Beispielitem	Cronbachs α
Authentizität	7	***Von einem Besuch im Schülerlabor erwarte ich,*** *dass ich Geräte der Forschung kennenlerne.*	.83
		Im Schülerlabor *habe ich Geräte der Forschung kennengelernt.*	.76
Fachwissen	4	*..., dass ich mein naturwissenschaftliches Wissen erweitere.*	.72
		... hat sich mein naturwissenschaftliches Wissen erweitert.	.69
Selbsttätigkeit	6	*..., dass ich die Möglichkeit habe, eigene Ideen in den Experimenten umzusetzen.*	.81
		... hatte ich die Möglichkeit, eigene Ideen in den Experimenten umzusetzen	.73
Motivation	3	*..., ich motiviert werde, mich weiter mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen.*	.67
		... wurde ich motiviert, mich weiter mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen.	.85

Ergebnisse

Es zeigte sich (Abb.1), dass im Klick!-Sek. II-Labor die Erwartungen der Schülerinnen und Schüler zu den intendierten inhaltlichen Schwerpunkten Authentizität und experimentelles Arbeiten hoch ausgeprägt waren. Die Erfahrungen haben bisher gezeigt, dass das Klick! die Erwartungen hinsichtlich des experimentellen Arbeitens bestätigt, die Wahrnehmung von Authentizität jedoch noch verbesserungswürdig ist (Abb. 1).

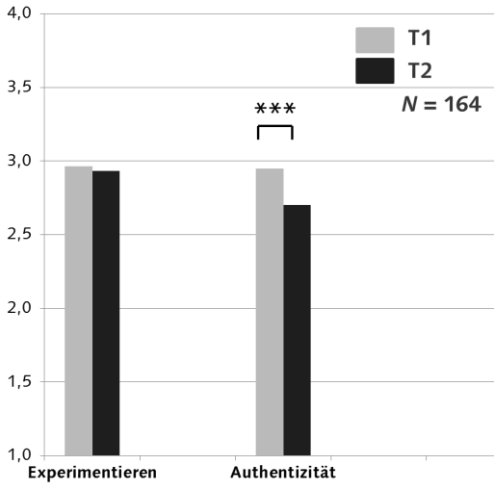


*Abb.1: Ausgewählte Ergebnisse für die Kategorien Experimentieren und Authentizität im Klick! Programm für die Sek.II (T1=Erwartungen, T2=Bewertungen, *** p < .001)*

Diskussion

Es ist festzuhalten, dass das Klick!-Sek. II-Labor das intendierte Ziel hinsichtlich des experimentellen Arbeitens wie erwartet erfüllt. Die Wahrnehmung der Angebote als Einblicke in authentische Wissenschaften können jedoch optimiert werden. Ein zukünftiger Ansatz wird sein, neben dem eigenen Experimentieren und der Verwendung aktueller Gerätschaften, eine Perspektive auf Authentizität nach Lee und Butler (2003), die Wahrnehmung von Podcasts und Vorstellungen beteiligter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, als eine weitere Perspektive nach Lee und Butler (2003), hinsichtlich ihrer Wirkung zu erproben. Ferner soll in zukünftigen Befragungen u. a. ausgeschlossen werden, dass „Ermüdungseffekte“ über den Messzeitraum im Schülerlabor Einfluss auf die Erwartungen und Bewertungen der Probanden nehmen.

Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Teilprojekts Öffentlichkeit des SFB 677 an der CAU Kiel.

Literatur

Boll, L. (2013). Entwicklung eines Fragebogens zur Untersuchung von Erwartungen und Bewertungen eines Besuchs im Schülerlabor Klick! (Masterarbeit). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

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

Komorek, M., & Duit, R. (2007). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of nonlinear systems. International Journal of Science Education, 26(5), 619–633

Lee, H.-S., & Butler, N. (2003). Making authentic science accessible to students. International Journal of Science Education, 25(8), 923–948

Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S., & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte. Der mathematische und naturwissenschaftliche 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

Heike Itzek-Greulich Eberhard Karls Universität Tübingen

Schülerlaborbesuch als Ersatz oder Ergänzung? – Motivationseffekte

Zusammenfassung
Die Studie untersucht Effekte eines außerschulischen Lernorts (Schülerlabor) auf die Lernfreude von Schüler(inne)n im naturwissenschaftlichen Schulunterricht in drei Lehr-Lernarrangements als Treatmentgruppen (1) Schule, (2) Labor und (3) Schule + Labor (= Einbindung) und einer Wartekontrollgruppe zu zwei Zeitpunkten während der Intervention. Das Unterrichtsthema der Intervention war „Starke Stärke" aus der organischen Chemie. Die Fragestellung der Studie lautete: Welche Effekte haben die unterschiedlichen Lehr-Lernarrangements auf die Lernfreude von Schülern? Die über die Treatmentgruppen randomisierte Stichprobe (68 neunte Realschulklassen) wurde mit zwei quantitativen Kurzfragebögen befragt. Im Ergebnis empfanden Schüler(innen) der Treatmentgruppe „Schule" mehr Lernfreude bei der Vermittlung der theoretischen Grundlagen und Vertiefungsaufgaben.

Ausgangslage
Das durch Schülerlaborbesuche hervorgerufene Interesse an Naturwissenschaften (z. B. (Pawek, 2009) steht in Zusammenhang mit Persönlichkeitsdispositionen der Lernenden. Die in direktem Zusammenhang mit dem erlebten Unterricht stehenden situativen, lernrelevanten Emotionen fanden bisher jedoch kaum Berücksichtigung. Die hier vorliegende Studie untersucht, ob sich die mehrfach festgestellten Unterschiede im generellen Interesse (z. B. Glowinski & Bayrhuber, 2011) in Bezug auf Schülerlaborbesuche auch auf situativer Ebene widerspiegeln, wenn ein Schülerlaborbesuch in den Schulunterricht eingebunden wird. Hierbei wird die Emotion „Lernfreude" als situative Variable (Pekrun, Goetz, Frenzel, Barchfeld, & Perry, 2011) berücksichtigt. Insbesondere positive Lernemotionen scheinen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von individuellem Interesse einzunehmen (Hidi & Renninger, 2006; Krapp, 2002).
Einbindung in den Unterricht. Guderian, Priemer, and Schön (2006) konnte aufzeigen, dass eine engere Anbindung eines Schülerlaborbesuchs an den Unterricht in der Schule das aktuelle Interesse an naturwissenschaftlichen Themen stabilisieren kann. Glowinski & Bayrhuber (2011) konnte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Einbindung des Schülerlaborbesuchs in den Unterricht und dem Interesse an Experimenten, am Kontext und an der Authentizität berichten.
Vorliegende Studie und Forschungsfrage. Aufbauend auf vorangegangenen explorativen Studien zur Interessenentwicklung an Schülerlaboren (z. B. Pawek, 2009) wurde die vorliegende Studie quantitativ konzipiert. Es stellt sich die Frage, ob die Kombination aus Schule + Labor die prozessbezogene Lernfreude erhöhen kann. Damit wird sowohl ein Entwicklungsbedarf als auch eine Forschungslücke deutlich, denn die Lehr-Lernarrangements (LLA) der Schülerlabore sind nur in geringem Maße in den Schulunterricht eingebunden und non-kognitive Variablen (insbesondere Lernemotionen) wurden noch nicht während Lernprozessen bei Schülerlaborbesuchen erhoben. In der durchgeführten Interventionsstudie zum organischen Unterrichtsthema „Starke Stärke" (Itzek-Greulich et al., 2014) soll die Wirkung der Einbindung eines Schülerlabors auf die Lernfreude der Schüler(innen) untersucht werden.
Der Kurzfragebogen zu Lernemotionen (hier vorgestellt: Lernfreude) wurde zu zwei Messzeitpunkten ausgefüllt. Thematischer Schwerpunkt der beiden Unterrichtseinheiten war zum einen theoretische Grundlagen mit vertiefenden Inhalten und zum anderen ein experimentell-praktischer Schwerpunkt. Für die Vor- und Nachbereitung an den Schulen

(Einbindungsgruppe) sowie den experimentellen Teil (Schule und Schule + Labor) wurde ein Materialpool, bestehend aus diversen thematisch angegliederten Arbeitsblättern und Experimenten, bereitgestellt. Aus dieser Sammlung konnte, entsprechend der individuellen Vorstellungen der Lehrpersonen an den Schulen, ausgewählt werden. Für die beteiligten Lehrpersonen wurde eine Fortbildung rund um dieses Unterrichtsarrangement „Starke Stärke“ durchgeführt.

Methode

Die Interventionsstudie ist eine quantitative, experimentelle Studie. Die Datenerhebung erfolgte mittels Kurzfragebögen während der Intervention „Starke Stärke“ zweimal. In Voranalysen wurde mittels Intraklassenkorrelationen (siehe Tabelle 1) die Bedeutung der Klassenebene (im verwendeten Design sind Schüler[innen] in Klassen genestet) analysiert und Hinweise darauf gefunden, dass ein mehrebenenanalytisches Auswertungsverfahren angezeigt war. Infolgedessen wurden die Unterschiede der vier Gruppen in der Lernfreude mit Mehrebenenregressionsanalysen geprüft.

Skala Lernfreude Eine Skala mit 3 Items im Multiple-Choice-Format (Beispielitem “Ich habe mich in den Stunden gefreut.” Pekrun et al., 2011 $\alpha = .83$ Theorieteil/.85 Praxisteil).

Datengrundlage. Die Hauptstudie beruhte auf einer Stichprobe von 1606 Neuntklässlern (50.6 % Mädchen, Alter: M = 15.34; SD = .65) aus 68 Schulklassen aus 22 Realschulen in Baden-Württemberg, die an der Studie im Schuljahr 2012/2013 teilnahmen.

Ergebnisse

Im ersten Analyseschritt wurde die Intraklassenkorrelation (ICC) berechnet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittelwerte, Standardabweichungen, ICC

		Schülerlabor & Schulunterricht			Schulunterricht			Schülerlabor			Kontrollgruppe			Total		
		M	(SD)	ICC	M	(SD)	ICC	M	(SD)	ICC	M	(SD)	ICC	M	(SD)	ICC
Lern-freude	Theorie	2.62	(.71)	.15	2.76	(.70)	.01	2.62	(.72)	.19	2.29	(.72)	.05	2.61	(.72)	.15
	Praxis	2.76	(.71)	.17	2.81	(.71)	.07	2.88	(.78)	.25	2.29	(.71)	.03	2.74	(.75)	.20

Im nächsten Analyseschritt wurde ein Random-intercept-Modell der Lernfreude mit Schüler- und Klassenebene geprüft. Es wurde der Effekt der Treatments mit entsprechenden Dummy-Variablen bestimmt. In Abbildung 1 sind die Mittelwerte abgebildet, die Signifikanzen beziehen sich auf die Mehrebenenberechnung (MLA).

Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass alle Treatments die Lernfreude beeinflussten, mit schlechteren Werten der Kontrollgruppe im Vergleich zu den Treamentgruppen. Es zeigte sich außerdem ein signifikanter Unterschied zwischen den Treatmentgruppen Schule und Schule + Labor. Schüler(innen), welche der Treatmentgruppe Schule + Labor angehören, zeigten im theoretischen Teil signifikant niedrigere Werte in Bezug auf die Lernfreude als Schüler(innen) der „Schulunterrichtsgruppe“.

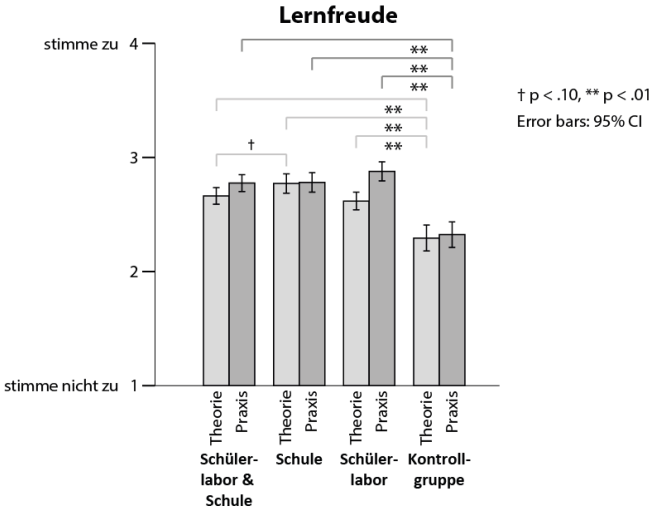


Abb. 1:Mittelwerte nach Treatment und Unterrichtsschwerpunkt

Diskussion

Die Intervention „Starke Stärke“ konnte in allen drei Treatmentgruppen die positive Emotion „Lernfreude“ erzeugen. Die Treatmentgruppen „Schule“ zeigten in der Lernfreude im theoretischeren Unterrichtsanteil höhere Werte als die Einbindungsgruppe (Schule + Labor). Somit konnte die Hypothese, dass Lernende der Einbindungsgruppe höhere Lernemotionen aufzeigen, nicht bestätigt werden. Eine Möglichkeit der Interpretation dieses Befundes wäre, dass die Lernenden der „Schulgruppe“ sich über die „Abwechslung“ im Unterricht mittels einer kompletten Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ und ansprechend aufbereitetem Material freuen und somit eine positive Emotionen entwickelten.

Heike Itzek-Greulich war Mitglied des Kooperativen Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements“ der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg und der Universität Tübingen, das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert wurde. Das Lernarrangement „Schule“ wurde finanziell unterstützt vom Fonds der chemischen Industrie.

Literatur

Glowinski, I. & 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. In: International Journal of Environmental & Science Education 6, 371–392.

Guderian, P., Priemer, B. & Schön, L.-H. (2006). In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an Physik. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 2, S. 142–149.

Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of interest development. In: Educational Psychologist 41, 111–127.

Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., Trautwein, U. (2014). The impact of a science center outreach lab workshop on German 9th graders’ achievement in science. In: ESERA (Hg.): 10th Conference of the European Science Education Research Association, Proceedings, 97–106.

Krapp, A. (2002): Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. In: Learn Instr 12, 383–409.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertationsschrift. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P. & Perry, R. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). In: Contemporary Educational Psychology 36, 36–48.

Monika Holmeier Pädagogische Hochschule FHNW

Wie beurteilen Schüler/innen und Lehrpersonen das mobile Lernlabor MobiLab?

Das mobile Lernlabor "MobiLab" (http://mobilab-nw.ch), das von der Pädagogischen Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz betrieben wird, bringt über 130 Experimente zu acht naturwissenschaftlichen und technischen Themen in die Schweizer Primarschulen (4. bis 6. Klasse) und bietet den Schüler/innen die Möglichkeit, im Unterricht unter Anleitung einer Begleitperson eigenständig zu experimentieren. Während eines halben oder auch ganzen Tages erhalten die Kinder Gelegenheit, sich naturwissenschaftliche Phänomene selbst zu erschließen, indem sie Experimente durchführen, bei denen lediglich Alltagsgegenstände verwendet werden. Zudem fertigen die Kinder zu jedem der durchgeführten Experimente eigene Forschungsprotokolle an.
Mit dem Einsatz des MobiLabs wird das Ziel verfolgt, das Interesse der Schüler/innen am Experimentieren und an den Naturwissenschaften zu steigern. Zudem wird ein enger Lebensweltbezug für die Kinder ermöglicht, indem alle Experimente mit gewöhnlichen Alltagsgegenständen durchführbar sind. Dies soll die Kinder anregen, auch zu Hause mit den dort vorhandenen Alltagsgegenständen zu experimentieren. Ein weiteres Ziel ist es, die Lehrpersonen anzuregen, im eigenen Unterricht mehr Experimente durchzuführen. Hierzu besuchen die Lehrpersonen vor dem Einsatz mit dem Mobilab einen halbtägigen Grundkurs, in dem sie erfahren, wie der Unterricht mit dem MobiLab gestaltet wird und wie sie den MobiLab-Einsatz in ihrer Klasse vor- und nachbereiten können. Das MobiLab wird insofern auch als Weiterbildung für die Lehrpersonen verstanden.

Forschungsstand und Forschungsfrage
Die Forschung zu Lernlaboren zeigt, dass die Teilnehmenden den Unterricht im Lernlabor positiv beurteilen und sich - zumindest kurzfristig - positive Effekte auf die Motivation, das Interesse und das Fähigkeitsselbstkonzept nachweisen lassen (u. a. Brandt, Möller & Kohse-Höinghaus, 2008; Guderian, 2007; Pawek, 2009). Befunde, die die Langfristigkeit dieser Effekte belegen, finden sich kaum. Zudem ist anzumerken, dass reine Hands-on Aktivitäten nicht automatisch zur kognitiven Aktivierung der Schüler/innen beitragen (Mayer, 2004).

Die hier vorliegende Evaluationsstudie ermöglicht insofern neue Befunde, als dass das MobiLab im Vergleich zu anderen Lernlaboren auf jüngere Kinder abzielt und die Experimente bewusst einfach gehalten werden. Im vorliegenden Beitrag soll den Fragen nachgegangen werden, wie Kinder und Lehrpersonen das MobiLab beurteilen und welche Stärken und Verbesserungsvorschläge sie nennen.

Evaluationsdesign
Um diese Fragen zu beantworten, wird auf Daten der seit Herbst 2013 laufenden Evaluation zurückgegriffen, die sich aus verschiedenen Erhebungsmethoden zusammensetzt (Fragebogen, Videostudie und qualitative Interviews). Bis Ende des Schuljahres 2014/2015 werden etwa 500 Schüler/innen und ihre Lehrpersonen zu drei Messzeitpunkten (direkt vor, direkt nach sowie ca. 8-10 Wochen nach dem MobiLab-Unterricht) mittels standardisierter Fragebogen befragt.
Für den vorliegenden Beitrag wurden die Daten zum Messzeitpunkt 2 ausgewertet, der direkt nach dem MobiLab stattfand. Hier mussten Lehrpersonen und Schüler/innen das MobiLab anhand der folgenden Skalen und Einzelitems (siehe Tabelle 1) beurteilen:

Tabelle 1: Eingesetzte Skalen und Einzelitems für Schüler/innen und Lehrpersonen

Skala (Beispielitem); Antwortformat: 1 = stimmt gar nicht; 4 = stimmt genau	Anzahl Items	Cronb. α
- Einfachheit (Die Experimente waren leicht zu machen.)	4	.56-.59
- Spaß (Es hat Spaß gemacht die Experimente zu machen.)	4	.87-.91
- Zeit (Ich hatte genug Zeit, um die Experimente zu machen.)	3	.71-.78
Einzelitems; Antwortformat: 1 = stimmt gar nicht; 4 = stimmt genau		
- Das MobiLab war gut organisiert.		
- Die Begleitperson hat mir bei Problemen gut geholfen.		
(Halb-)Offene Fragen		
- Welche Schulnote würdest du dem MobiLab geben? (Nur Schüler/innen)		
- Würdest du nochmal mit dem Mobilen Lernlabor lernen? Warum? Warum nicht?		
- Was würdest Du am Unterricht mit dem MobiLab verbessern?		

Zur Verfügung standen die Daten von 252 Schüler/innen und 19 Lehrpersonen, deren Angaben deskriptiv ausgewertet wurden. Die Antworten der offenen Fragen wurden hingegen inhaltsanalytisch und kategoriengeleitet ausgewertet (Mayring, 2008).

Ergebnisse

Die Ergebnisse lassen eine sehr gute Beurteilung des MobiLabs durch die Schüler/innen und Lehrpersonen erkennen. Mit Mittelwerten über M = 3.00 scheint das MobiLab Freude zu bereiten und gut organsiert zu sein. Die Experimente werden zudem als verständlich beschrieben und die Unterstützung durch die MobiLab-Begleitperson als hilfreich. Einzig die Zeit wird von den Lehrpersonen kritisch beurteilt, wenngleich der Mittelwert mit M = 2.93 hoch ist (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Beurteilung MobiLab aus Sicht der Schüler/innen und Lehrpersonen

	Schüler/innen			**Lehrpersonen**		
	N	**M**	**SD**	**N**	**M**	**SD**
Spaß	252	3.47	0.67	19	3.76	0.39
Zeit	252	3.24	0.64	19	2.93	0.62
Einfachheit der Experimente	252	3.22	0.49	19	3.07	0.38
Unterstützung durch Begleitperson	250	3.60	0.66	19	3.89	0.32
Organisation	250	3.60	0.61	19	3.72	0.45

M = Mittelwert, SD = Standardabweichung

Die positive Beurteilung drückt sich auch darin aus, dass 89.9 % der Schüler/innen dem MobiLab eine Note zwischen 1 und 2.5 vergeben würden (58 % der Schüler/innen eine Note zwischen 1 und 1.5). Nur 3.4 % würden eine Note schlechter als 3.5 verteilen.

Darüber hinaus würden alle Lehrpersonen das MobiLab nochmal in ihrem Unterricht einsetzen, weil sie so eine neue Methode für ihren eigenen Unterricht kennenlernen können und die Inhalte und Materialien nicht selbst zusammensuchen müssen. Auch 56.1 % der Schüler/innen würden nochmals mit dem MobiLab lernen, weil sie Spaß hatten und die Themen und Experimente spannend fanden. Hinzukommen weitere 19.5 %, die ebenfalls erneut mit dem MobiLab lernen würden, wenn es um ein anderes Thema ginge und mehr Zeit für Experimente zur Verfügung stünde. 17.1 % würden eher nicht mehr mit dem MobiLab lernen, weil sie keinen Spaß hatten oder ihnen die Themen schon bekannt waren. 7.3 % sind unentschlossen, ob sie nochmals mit dem MobiLab lernen würden.

Gefragt nach den Verbesserungsvorschlägen, scheint es sowohl für Schüler/innen als auch für die Lehrpersonen wichtig zu sein, mehr Zeit für das Experimentieren und für Pausen zu haben. Hierzu sollte laut den Befragten das Protokollieren und/oder die inhaltliche Einführung und Nachbereitung gekürzt werden. Die Schüler/innen wünschen sich zudem mehr und spannendere Experimente, während die Lehrpersonen vor allem Wert darauf legen, dass sie mehr Unterlagen für die Nachbereitung mit den Schüler/innen erhalten. Es sei für sie notwendig, die Experimentieranleitungen sowie Theorieblätter und Anschauungsmodelle für schwierige Sachverhalte zu erhalten.

Diskussion

Insgesamt fällt die Beurteilung des MobiLabs positiv aus. Es wird als spannend, verständlich und gut organisiert beschrieben. Viele der Schüler/innen und alle Lehrpersonen würden nochmals mit dem MobiLab lernen und die Schüler/innen vergeben dem Unterricht mit dem MobiLab gute Noten.

Verbesserungsfähig scheint vor allem das Zeitmanagement zu sein, da die Zeit für das Experimentieren als knapp beschrieben wird. Hier scheinen die Verbesserungsvorschläge, die Vor- und Nachbesprechung und das Protokollieren zu kürzen, ratsam zu sein. Die Nachbereitung sollte zudem eher in den normalen Unterricht integriert werden. Das würde mit sich bringen, dass das MobiLab noch mehr in den Unterricht eingebettet ist und das theoretische Erarbeiten der Inhalte zu einer besseren kognitiven Aktivierung führt. Die Lehrpersonen sollten, wie von ihnen gewünscht, ausreichende Materialien erhalten, mit Vorschlägen, wie sie die Nachbereitung mit den Schüler/innen gestalten können.

Ausblick

Der Beitrag liefert erste Ergebnisse zur Beurteilung des MobiLabs. Mit den Daten aus dem Schuljahr 2014/15 wird einerseits die Nachhaltigkeit der Ergebnisse geprüft, andererseits kann analysiert werden, ob allfällige Änderungen in der Konzeption des MobiLabs noch bessere Beurteilungen mit sich bringen. Zudem wird ebenfalls geprüft, welche vor allem auch langfristige Wirkungen das MobiLab auf das Interesse der Schüler/innen am Experimentieren hat sowie auf die Unterrichtgestaltung durch die Lehrperson, in der Art, dass sie nach dem Unterricht mit dem MobiLab häufiger Experimente in den eigenen Unterricht integriert.

Literatur

Brandt, A., Möller, J., & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up-Erhebung zu Effekten auf Selbstkonzept und Interesse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22 (1), 5–12

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Dissertation, Berlin 2007.

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. (10., neu ausgestattete Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz

Mayer, Richard E. (2004): Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? In: American Psychologist 59 (1), 14–19.

Pawek, C. (2012). Schülerlabore als nachhaltig das Interesse fördernde ausserschulische Lernumgebungen. In D. Brovelli, K. Fuchs, R. von Niederhäusern & A. Rempfler (Hrsg.), Kompetenzentwicklung an Ausserschulischen Lernorten. Tagungsband zur 2. Tagung Ausserschulische Lernorte der PHZ Luzern vom 24. September 2011. Münster, Wien, Zürich: LIT, 69–94

Hannes Sander Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung

Urteilsfähigkeit gilt als eines der zentralen Ziele von Schulunterricht. Zur Modellierung der domänenspezifisch gedachten Bewertungskompetenz wurden verschiedene Anstrengungen unternommen (Überblick bei Hostenbach et al., 2011), die im Wesentlichen auf einem Rational-Choice-Modell von Urteilen und Entscheiden basieren (Sander & Höttecke, 2014; Menthe & Hößle, 2013). Diese Grundannahme wird dagegen durch Zwei-Prozess-Modelle der Entscheidungspsychologie in Frage gestellt (z. B. Haidt, 2001; diverse Arbeiten von Gigerenzer), welche die Bedeutung und Funktionalität intuitiver Urteile betonen. Ziel des hier vorgestellten Forschungsprojektes ist es daher, normativ-theoretische Vorannahmen zu suspendieren und mittels qualitativ-rekonstruktiver Methoden Bewertungskompetenz explorativ zu untersuchen. Hierbei bildet die intuitive Dimension von Bewertungskompetenz ein zentrales Erkenntnisinteresse. Als Datengrundlage zur Rekonstruktion der Schülerperspektive auf verschiedene Entscheidungsprobleme nachhaltiger Entwicklung dienen dabei fokussierte Interviews, in denen Audiovignetten als Interviewstimuli zum Einsatz kommen. Das Sample besteht aus n=28 StadtteilschülerInnen und GymnasiastInnen der Jahrgänge 7-13 Hamburger Schulen (Sander & Höttecke, 2014). Die Auswertung des so entstandenen Interviewmaterials erfolgt fallvergleichend mit Hilfe der dokumentarischen Methode. Diese rekurriert auf die Wissenssoziologie Karl Mannheims, der zwischen dem objektiven Sinn, dem „was“ gesagt wird, und dem dokumentarischen Sinn, der auf den Herstellungsprozess des Gesagten, den modus operandi (Bohnsack, 2003) verweist. Die dokumentarische Methode erlaubt sowohl die Rekonstruktion des objektiven Sinns als auch die des dokumentarischen Sinns. In diesem Sinne strukturieren implizite Regelhaftigkeiten auf der dokumentarischen Sinnebene das menschliche Denken und Sprechen in Form sogenannter Orientierungsrahmen. Die Rekonstruktion der beim Urteilen und Entscheiden wirksamen Orientierungsrahmen ist somit das Hauptziel der hier vorgestellten Studie.

Die Vignette „Flugobst“

Eine der den SchülerInnen vorgelegten Audiovignetten ist die Vignette „Flugobst“ (genauer: Sander & Höttecke, 2014). Sie entstand aus einem Rollenspiel im Rahmen des Projekts „Der Klimawandel vor Gericht“ (Eilks et al., 2011). Die Vignette thematisiert eine Expertenanhörung der europäischen Kommission hinsichtlich eines Verbots von per Flugzeug importiertem Obst. Die Vignette ist dabei dilemmatisch strukturiert, als Experten kommen eine Vertreterin einer Handelskette, Bauernvertreter aus Europa und Südafrika, ein Klimawissenschaftler sowie eine Umweltschützerin zu Wort, die jeweils verschiedene Dimensionen des Problems thematisieren.

Eckfälle beim Urteilen und Entscheiden

Die dokumentarische Analyse des Interviewmaterials hinsichtlich der Audiovignette „Flugobst“ erlaubt es, fallvergleichend möglichst unterschiedliche Fälle zu identifizieren. Diese, im Folgenden als Eckfälle bezeichneten Fälle, zeigen die Heterogenität im untersuchten Sample auf und ermöglichen so einen ersten Überblick über die Gesamtheit der Fälle. Die Eckfälle unterscheiden sich dabei sowohl im Hinblick auf den Bearbeitungsmodus der Vignette Flugobst, also die Art und Weise, wie sie sich spontan zu der Vignette äußern, als auch hinsichtlich verschiedener weiterer Aspekte, wie die folgenden Falldarstellungen andeuten. Die dabei aufgeführten Zitate dienen allein der Illustration und ermöglichen allein nicht die valide Rekonstruktion der aufgeführten Interpretationen.

Erster Eckfall: Cassandra
Cassandra (19 Jahre, 12. Klasse, Gymnasium) bearbeitet die Vignette im Modus einer *Elaboration*. Sie greift dabei einen Begriff aus der Vignette auf und erläutert ihn anschließend weiter, wobei sie Bezüge zur eigenen Lebenswelt herstellt:

„Klimawandel is n Themas, was mich auch sehr interessiert. Und […] was n ganz wichtiger (1) äh, unheimlich wichtig ist. Und die Menschen achten viel zu wenig darauf."

Klimawandel wird dabei von ihr, wie in den meisten Fällen, auf der objektiven Sinnebene als wichtig bezeichnet. Im Gegensatz zu vielen anderen Fällen scheint dies bei ihr auch auf der dokumentarischen Ebene auf, da sie sehr lebhaft und emotional über den Klimawandel spricht. Aus Cassandras Sicht besteht kaum die Möglichkeit, den status quo des derzeitigen Handel- und Gesellschaftssystems zu verändern. Dieses erscheint ihr gleich einer Maschine, die fortwährend und unaufhaltsam läuft, ohne dass sie selbst etwas dagegen tun könnte oder sich ihr die Regelhaftigkeiten dieser Maschine vollständig erschließen. Dies zeigt sich in einer ausgeprägten Mechanik- bzw. Baumetaphorik, die sie nutzt:

„[…]es ist nicht sehr tragbar, […] nicht sehr baufest, darüber zu diskutieren. […] […]Import Export, […] das läuft, läuft, läuft. […]"

Obwohl sie über handlungspraktisches Wissen im Kontext Klimawandel auf einer individuellen Ebene (also hinsichtlich ihres Einkaufsverhaltens) verfügt, erscheint ihr eine Änderung des status quo kaum realistisch – da der status quo aus ihrer Perspektive ja unabänderlich, geradezu rätselhaft erscheint. Aus Cassandras Sicht sollte Fachwissen in den Entscheidungsprozess einfließen. Allerdings verfügt nicht sie selbst als Laie über dieses Fachwissen, sondern das Einbringen wird als Aufgabe von Fachexperten dargestellt:

„Ja natürlich, das kann ich mir vorstellen, dass ein Klimawissenschaftler das sagt, […] ist auch seine Aufgabe, […] das auch richtig, is auch begründet."

Aus Cassandras Perspektive sind Kompromisse bei der Entscheidung nicht nötig, da sie ein Idealbild entwirft, eine Art „Weltreligion". Zentrales Element dieser Weltreligion ist eine einzige, richtige Perspektive aller Akteure auf das Problem – die Kompromisse obsolet werden lässt.

Zweiter Eckfall: David
David (18 Jahre, Klasse 12, Stadtteilschule) zeigt einen anderen Bearbeitungsmodus: Er beginnt mit *spontanen Assoziationen* zum Begriff Flugobst. Erst später folgt dann eine abstrakte, sehr analytische Bearbeitung des Problems:

„Also spontan fällt mir ein, dass ich den Begriff Flugobst noch nie gehört habe, und ich gedacht hätte, dass es sich […] um runterfallendes Obst handeln könnte."

Ähnlich wie Cassandra besitzt David handlungspraktisches Wissen im Kontext Klimawandel, allerdings ist dieses auf politischer Ebene verortet: politische Regelungen, wie bspw. die Besteuerung von Flugobst, bilden in den Äußerungen von David das positive Ideal. Aus seiner Sicht sind, anders als bei Cassandra, Kompromisse im politischen Prozess durchaus notwendig, um Einzelinteressen der beteiligten Akteure zu schützen. Dem Staat kommt dabei die Funktion einer regulierenden Instanz zu:

„Also ähnliche Konzepte in anderen Gebieten gibt's zum Beispiel in Dänemark, wo […] ungesundes Essen stärker besteuert wird. […] vielleicht gibt es da auch andere Möglichkeiten [das für die Menschen in Südafrika] irgendwie zu regeln."

Dritter Eckfall: Amina

Amina (16 Jahre, Klasse 11, Stadtteilschule) zeigt eine dritte Art der Bearbeitung: Sie beginnt ihre Äußerungen mit einer klaren, sehr deutlichen *Bewertung* von Flugobst. Sie selbst sieht sich dabei in einer moralischen Vorreiterrolle und urteilt in drastischen Worten über die Menschheit (von der sie sich selbst deutlich abgrenzt):

„Ähm? Also ich bin nich so dafür, dass das mit Flugzeugen transportiert werden soll. […] Ich finds insgesamt echt scheiße […], dass die Menschheit sich alles einfacher macht und damit die Umwelt immer mehr belastet."

Sie bezieht dabei den Klimawandel auf ihre eigene Wahrnehmung von Wetter. Diese eigene Wahrnehmung nutzt sie als Evidenz, um ihre klare Bewertung zu begründen. Fachwissen spielt in ihren Überlegungen keine Rolle. Ähnlich wie Cassandra verfügt sie über handlungspraktisches Wissen auf einer individuellen Ebene, das sie im Unterschied zu ihr aber als durchaus wirkmächtig konzipiert:

„Also immer, wenn ich mit mit meinen Eltern einkaufen geh, […] die achten denn natürlich immer so auf das billigere und so, […] und ich versuch dann halt immer, sie so dazu zu bringen, dass wir […] Obst aus der Region kaufen."

Aus Sicht von Amina sind Kompromisse notwendig, um einer existierenden Ideallösung möglichst nahezukommen – wobei sie selbst diese Ideallösung kennt. Dabei bringen Kompromisse durchaus Nachteile für Einzelne mit sich – erfüllen also eine etwas andere Funktion als bei David.

Diskussion und Ausblick

Sowohl die Äußerungen von David als auch diejenigen von Cassandra erfolgen vor dem Hintergrund biographischer Erfahrungen. Bei Amina wird eher eine post-hoc-Rechtfertigung des schon zu Beginn feststehenden Urteils erkennbar, was sich gut im Sinne der bereits angesprochenen Zwei-Prozess-Modelle der Entscheidungspsychologie deuten lässt. Insgesamt hat sich das methodische Vorgehen als fruchtbar erwiesen, die Analyse des Interviewmaterials wird fortgeführt.

Literatur

Bohnsack, R. (2003). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in Methodologie und Praxis qualitativer Forschung. Opladen: UTB

Eilks, I., Feierabend, I., Hößle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mrochen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.) (2011). Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht. Hallbergmoos: Aulis

Haidt, J. (2001). The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgement. Psychological Review, 118(4), 814–834

Hostenbach, J., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. ZfDN, 17, 261–288

Menthe, J. & Hößle, C. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe. Münster: Waxmann

Sander, H. & Höttecke, D. (2014, eingereicht). Vignetten zur qualitativen Untersuchung von Urteilsprozessen bei SchülerInnen. Beitrag eingereicht in PhyDid B – Beiträge zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG

Sascha Sokolowski — Studienseminar Hannover I
Verena Pietzner — Universität Oldenburg

Berufsorientierende Lernaufgaben

Berufsorientierung als Aufgabe des Chemieunterrichts

Eine der wichtigsten Entscheidungen im Leben ist die Wahl des Berufes. Der Prozess der Berufsorientierung ist somit von gesellschaftlichen Werten, Normen und Ansprüchen, welche einem ständigen Wandel unterlegen sind, sowie technologischen und sozialen Weiterentwicklungen im Wirtschafts- und Beschäftigungssystem geprägt. Dementsprechend ist die Berufsorientierung ein Lernprozess, welcher sowohl informell im täglichen Leben als auch formal in der Schule stattfindet (Famulla & Butz, 2005).

Durch Praktika und Berufsinformationstage werden Schülerinnen und Schüler dazu angeregt, sich mit der Berufswahl auseinanderzusetzen und ihre eigenen Fähigkeiten im Hinblick auf ihren Berufswunsch zu reflektieren. Schulische Berufsorientierung kann nach Schudy (2002) in vier Aspekte untergliedert werden:

- Unterstützung der Jugendlichen bei der Verwirklichung beruflicher Ziele,
- Ausrichtung von Bildungsinhalten und Unterrichtsmethoden auf berufsrelevante Inhalte,
- Berufsorientierung im Sinne von Berufswahlvorbereitung sowie
- Berufsorientierung als arbeitsweltbezogene Allgemeinbildung.

In der Schulpraxis existieren verschiedene Konzepte zur Berufsorientierung. Neben den Betriebspraktika und Betriebsbesichtigungen, die vor allem den vierten Punkt Schudys adressieren, bieten Schulbuchverlage verschiedenste Materialien an. Bei Sichtung dieser Materialien wird schnell deutlich, dass sie sich ausschließlich auf allgemeine Kompetenzen wie das Erkennen der eigenen Stärken und Schwächen sowie die Informationssuche oder die Formulierung von verschiedenen Schreiben (z. B. Bewerbung um einen Praktikumsplatz) an Betriebe beziehen. Es muss festgestellt werden, dass vor allem die Punkte 1 und 2 im schulischen Kontext nicht sichtbar berücksichtigt werden. Doch gerade die Ausrichtung der fachlichen Inhalte an eine Berufsorientierung hat eine besondere Bedeutung, da auf diese Weise alle Jugendliche gleichermaßen eine auf das jeweilige Fach bezogene Berufsorientierung erhalten, unabhängig von der Wahl für das Betriebspraktikum.

Lumpe (2002) stellt fest, dass die Orientierung in der Schule auf den zu erwerbenden Abschluss nicht ausreicht, um einen Anschluss ins Berufsleben zu gewährleisten. Vielmehr stellt der Schulabschluss einen Meilenstein dar, der bei Weitem nicht das Ende des Werdegangs darstellt, sondern lediglich einen Zwischenschritt; es muss deshalb daran gearbeitet werden, diese Anschlussfähigkeit zu gewährleisten. Berufsorientierung nimmt diese Anschlussfähigkeit explizit in den Blick und unterstützt die Schülerinnen und Schüler aktiv bei der Planung des Übergangs ins Berufsleben. Dazu bedarf es entsprechender fachdidaktischer Konzepte, um Berufsorientierung in den Unterricht integrieren zu können.

Um eine erfolgreiche Berufsorientierung zu erreichen, sind nach Deeken und Butz (2010) die folgenden Aktivitäten nötig:

- Vermittlung berufs- und arbeitsweltbezogener Systemkenntnisse
- Vermittlung von Informationen über Berufe und berufliche Tätigkeiten
- Förderung arbeits- und berufsrelevanter Kompetenzen
- Ermöglichung praktischer Erfahrungen und Kontakte in und mit der Arbeits- und Berufswelt

Die Vermittlung chemiebezogener Berufsorientierung findet an Schulen nur in geringem Maße statt und hängt vom Engagement einzelner Lehrkräfte ab, obwohl sie in den Chemie-Kerncurricula Sekundarstufe I im Kompetenzbereich "Bewertung" explizit genannt wird. Zwar existieren einige berufsorientierende Materialien, die jedoch eher auf allgemeine Fertigkeiten (u. a. Bewerbungstraining, Identifikation eigener Stärken und Schwächen) abzielen und Fachspezifika unberücksichtigt lassen. Diese Situation kann aus Sicht eines allgemeinbildenden Chemieunterrichts als unbefriedigend bezeichnet werden. Es fehlen Konzepte zur fachbezogenen Berufsorientierung, vor allem für interessierte Schülerinnen und Schüler, die bewusst die von Deeken und Butz (2010) genannten Aktivitäten aufgreifen.

Berufsorientierende Lernaufgaben

Durch Lernaufgaben sollen bei den Schülerinnen und Schülern Lernprozesse ausgelöst und gesteuert werden, um erfolgreiches Lernen zu fördern. Mithilfe von Lernaufgaben wird ein Informationsangebot bereitgestellt, aus dem die Lernenden selbstgesteuert die wesentlichen Informationen extrahieren und entsprechend der Aufgabenstellung anwenden sollen. Die Anforderungen an Lernaufgaben, welche im Unterricht eingesetzt werden, sind vielfältig. Sie sollten dem Erwerb von Wissen dienen, sich am vorhandenen Kenntnisstand der Schüler orientieren und in Bezug zu den geplanten Unterrichtszielen stehen. Weiterhin sollen Lernaufgaben die Bildungsbedürfnisse der Schüler ansprechen und so gestaltet sein, dass die Lernenden Spaß beim Bearbeiten der Aufgaben haben und der Erwerb von Fach- und Sozialkompetenzen gefördert wird (Richter, 2010). Damit haben Lernaufgaben mit Berufsbezug das Potenzial, viele der von Deeken und Butz (2010) geforderten Aktivitäten abzudecken.

Die in der Studie eingesetzten Lernaufgaben zeigen ein konkretes berufsspezifisches Problem von Chemikanten bzw. Chemielaboranten, welches entsprechend der Aufgabenstellung und der bereitgestellten Informationen eigenverantwortlich bearbeitet werden soll. Dabei wird der Lernprozess nicht vom Lehrenden, sondern von der Lernaufgabe gesteuert. Die Lehrperson steuert den Lernprozess also indirekt, indem sie die Lernaufgabe nach entsprechenden Kriterien ausgewählt hat und Informationsmaterial für die Lernenden bereitstellt. Die eingesetzten Lernaufgaben sollten dabei so gestaltet sein, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, aufgrund ihrer Vorkenntnisse die Aufgabe zu lösen.

Evaluation der Lernaufgaben im Unterricht

Die Lernaufgaben wurden in zwei siebten und zwei neunten Klassen eines Hildesheimer Gymnasiums durchgeführt, die alle von der gleichen Lehrperson unterrichtet wurden. In den siebten Klassen wurde eine Lernaufgabe zur Berechnung der Dichte eingesetzt, im neunten Jahrgang die eine Aufgabe zur Bestimmung des Trockengehaltes einer Farbpaste (Sokolowski, 2011 & 2012). Die Aufgaben wurden in allen vier Klassen während einer Doppelstunde eingesetzt. Die Evaluation der Stunden erfolgte sowohl durch Unterrichtsbeobachtungen als auch durch eine Lernklima-Analyse (Bolte, 2004), bei der die Schülerinnen und Schüler ihren bisherigen Unterricht sowie die Doppelstunde mit der berufsorientierenden Lernaufgabe bewerteten. Die Fragebögen wurden mithilfe des U-Tests daraufhin untersucht, ob signifikante Unterschiede zum bisherigen Unterricht sowie zwischen den Klassenstufen bestehen.

Ergebnisse

Die Auswertung der Unterrichtsbeobachtungen hat ergeben, dass die Lernaufgaben entsprechend der beschriebenen Aufgabenstellung von den Schülerinnen und Schülern der jeweiligen Klassenstufen im Schulalltag einzusetzen sind. Die Gruppen waren in der Lage, die Aufgaben selbstständig zu bearbeiten und auch korrekte Ergebnisse zu erzielen. Ein

besonderer Effekt konnte bei der Farbpasten-Aufgabe beobachtet werden. Einige Gruppen stellen fest, dass ihre Farbpaste nicht den geforderten Spezifikationen entsprach. Dieser Umstand war jedoch keinesfalls das Ergebnis ungeschickten Experimentierens, wie es bei Schulversuchen der Regelfall ist, sondern lag ausschließlich in der Farbpaste begründet. Diese Möglichkeit hatten die Schülerinnen und Schüler bis dahin nicht in Betracht gezogen und erforderte eine wirklich Reflexion der eigenen Arbeit.
Vergleicht man den bisherigen Chemieunterricht der Klassen mit den Stunden, in denen mit den Lernaufgaben gearbeitet wurde, so zeigen sich in wichtigen Dimensionen signifikante Unterschiede. So wurden in beiden Klassen die Lernklimadimension *Verständnis* (7. Klasse: $Z = -2{,}032$, $p = 0{,}042$; 9. Klasse: $Z = -4{,}392$, $p = 0{,}000$) und *gesellschaftliche Relevanz* (7. Klasse: $Z = -5{,}157$, $p = 0{,}000$; 9. Klasse: $Z = -4{,}392$, $p = 0{,}000$) im Vergleich zum bisherigen Chemieunterricht signifikant höher bewertet. Die Zufriedenheit hingegen war bei den 9. Klassen geringer als im bisherigen Unterricht ($Z = -2{,}679$, $p = 0{,}007$), was daran liegen könnte, dass die Gruppen der Lehrkraft ihren Lösungsweg zunächst vorlegen mussten, bevor sie mit der Arbeit beginnen konnten.

Fazit

Durch den Einsatz berufsorientierender Lernaufgaben war es möglich, die gesellschaftliche Relevanz klassischer Unterrichtsinhalte deutlich zu steigern. Hinzu kommt, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung realer Laboraufgaben dazu motiviert werden, ihre Arbeit ergebnisoffen zu reflektieren, da ein falsches Ergebnis nicht automatisch durch ungeschicktes Experimentieren hervorgerufen sein muss. Dies ist ein Hinweis, dass berufsorientierende Lernaufgaben ein geeignetes Mittel darstellen können, Fachinhalte mit Berufsorientierung zu verbinden.

Literatur

Bolte, C. (2004): Motivationales Lernklima im Chemieunterricht an Realschulen und Gymnasium. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 53 (7), 33-37.

Deeken, S., Butz, B. (2010): Berufsorientierung- Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung. Bundesinstitut für Berufsbildung. Online-Ressource, abrufbar unter: http://www.good-practice.de/expertise_ berufsorientierung_web.pdf [Zugriff am 18.08.2014]

Famulla, G.-E., Butz, B. (2005): Berufsorientierung. Stichwort im SWA-Glossar auf der Homepage des Programms „Schule/Wirtschaft/Arbeitsleben“. Online-Ressource, abrufbar unter: http://www.swa-programm.de/texte_material/glossar/index_html_stichwort=Berufsorientierung.html [Zugriff am 18.08.2014]

Lumpe, A. (2002): Gestaltungswille, Selbständigkeit und Eigeninitiative als wichtige Zielperspektiven schulischer Berufsorientierung. In: Schudy, J. (Hrsg.): Berufsorientierung in der Schule. Grundlagen und Praxisbeispiele. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 51 - 68.

Richter, S. (2010): SEGLER – ein Designmodell zur Gestaltung von Lernaufgaben. In Kiper, H., Meints, W., Peters, S., Schlump, S., Schmit, S. (Hrsg.): Lernaufgaben und Lernmaterialien im Kompetenzorientierten Unterricht. Stuttgart: Kohlhammer, 19-27.

Schudy, J. (2002). Berufsorientierung als schulstufen- und fächerübergreifende Aufgabe. In: Schudy, J. (Hrsg.): Berufsorientierung in der Schule. Grundlagen und Praxisbeispiele. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 9-16.

Sokolowski, S. (2011). Entwicklung fächerübergreifender Unterrichtsmaterialien (Mathematik/Chemie) zur Förderung der Berufsorientierung im Chemieunterricht. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Universität Hildesheim.

Sokolowski, S. (2012). Erprobung berufsorientierter Lernaufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Hildesheim.

Nadja Belova Universität Bremen
Fiona Affeldt
Ingo Eilks

Werbung im Chemieunterricht – ein Kleinmodul zum Thema „Proteinshakes“

Ausgangspunkte

Die Präsenz von Werbung in unserem Alltag und im Leben von Jugendlichen ist enorm. Nach unterschiedlichen Schätzungen werden wir pro Tag mit etwa 2500 bis 6000 Werbebotschaften konfrontiert (Langner, 2009). Oft arbeitet Werbung mit naturwissenschaftlich-technischer Information, die jedoch von den Verbrauchern in vielen Fällen gar nicht als solche erkannt wird (McSharry & Jones, 2002).

Traditionell wird dem Thema Werbung im Deutschunterricht viel Bedeutung beigemessen (Fredeking, Krommer & Maiwald, 2008). Dabei wird jedoch die inhaltliche Dimension von Werbung sowie die Bewertung solcher Inhalte (etwa wenn es um naturwissenschaftlich-technische Produkte geht) außen vor gelassen (Belova & Eilks, 2013). Daher sollte man unserer Meinung nach im Sinne einer kritischen Medienbildung Werbung auch aus der Perspektive des naturwissenschaftlichen Unterrichts betrachten.

Belova und Eilks (2013) schlugen kürzlich vier mögliche Einsatzszenarien sowie verschiedene Methoden für den Einsatz von Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht vor (s. auch Eilks et al., 2012). Zur Erprobung in der Schule wurden diese Methoden in Form von kurzen, vierstündigen Modulen aufbereitet. Die Module fokussieren auf unterschiedliche Themen bzw. Produktgruppen. An dieser Stelle wird das Kleinmodul *Proteinshakes* und dessen Erprobung vorgestellt.

Das Kleinmodul *Proteinshakes*: Aufbau und Erprobung

Bei der Auswahl der Themen für das Kleinmodul spielt das Aufgreifen authentischer und kontroverser Debatten mit naturwissenschaftlichem Bezug (socio-scientific issues) eine Rolle. Das Thema „Proteinshakes“ bietet eine solche Kontroverse. Solche Shakes werden in Fitnessstudios, Magazinen und Shops als spezielle Nahrungsergänzung für Sportlerinnen und Sportler angeboten und intensiv beworben. Der Besuch eines Fitnessstudios ist in Deutschland teilweise bereits ab 15 Jahren mit Einwilligung der Eltern möglich (McFit-Webseite). Der Konsum von Proteinshakes wird aber auch kritisch diskutiert. Oft sind Eiweißpräparate beispielsweise mit Vitaminen angereichert, was bei übermäßigem Verzehr zu einer Überdosierung führen kann (Finzel, 2011). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht interessant ist, dass viele Produkthersteller in ihren Werbetexten mit naturwissenschaftsbezogenen Informationen argumentieren (Kämmerer, 2014).

Das Kleinmodul ist angelehnt an das gesellschaftskritisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren strukturiert (Marks & Eilks, 2009). Es besteht aus fünf Unterrichtsphasen, umfasst vier Unterrichtsstunden und eignet sich gut für einen fächerübergreifenden Unterricht sowie für einen Wahlpflichtkurs. Der Zugang zur Kontroverse wird mithilfe einer Kollage aus Werbebildern und Einträgen aus Internetforen gestaltet. Die fachliche Klärung erfolgt mithilfe eines Informationstextes über Proteine und Eiweißshakes. Beim Wiederaufgreifen der Kontroverse sollen die Schülerinnen und Schüler Argumente aus der Öffentlichkeit für und gegen Proteinshakes nennen und ihre eigene Meinung reflektieren. Die Erarbeitungs- und Diskussionsphase verschiedener Positionen beinhaltet die Durchführung der Kleinmethoden *Werbeslogans reflektieren, Werbetexte analysieren* und *Werbemethode* mit anschließendem Werbungswettbewerb. In den Kleinmethoden sollen unter anderem Werbeaussagen (mit naturwissenschaftsbezogenen Informationen) kritisch betrachtet werden (Belova & Eilks, 2013). In der Diskussion soll die

gezielte Auswahl der Argumente in der selbstständig erstellten Werbung reflektiert werden. Es kann um irreführende Werbeaussagen, suggestive Werbung und Werbung mit verfälschten naturwissenschaftlichen Informationen gehen. Die abschließende Metareflexion basiert auf einer Diskussion über die allgemeine Verwendung von naturwissenschaftsbezogenen Informationen in den Massenmedien.
Die Methoden *Werbemethode* und *Werbeslogans reflektieren* wurden auch in einem Chemieleistungskurs an einer Oberschule in Bremen (N=22) in einer Doppelstunde kurz vor dem Abitur eingesetzt. Das ganze Kleinmodul wurde in einem Wahlpflichtkurs (Jahrgang 9, N=20) an einer Gesamtschule in Niedersachsen in zwei Doppelstunden erprobt. Zur Evaluation wurde ein Fragebogen mit zehn Likert-Items und vier offenen Fragen eingesetzt. Die offenen Fragen wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion
Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die Ergebnisse der Befragung hinsichtlich folgender Items: 1. Ich finde die Behandlung von Werbung im Unterricht motivierend. 2. Ich beurteile Proteinshakes jetzt anders als vor der Unterrichtseinheit. 3. Werbung an sich beurteile ich jetzt kritischer als vorher. 4. Ich habe das Gefühl, verstanden zu haben, worum es bei den Methoden geht. 5. Mir gefiel, dass sich der Unterricht nicht nur mit naturwissenschaftlichen Fragen beschäftigt hat.
Die Ergebnisse aus der Erprobung im Chemieleistungskurs zeigen, dass weniger als die Hälfte der Schüler/innen der Aussage zustimmen oder überwiegend zustimmen, dass die Behandlung von Werbung im Unterricht motivierend ist. Auffällig ist auch, dass circa 90 % angaben, dass sie der Aussage nicht zustimmen würden, dass sie Werbung jetzt kritischer als vorher betrachten würden. Ebenso hat kein/e Schüler/in der Aussage zugestimmt, dass es ihm/r gefiel, dass sich der Unterricht nicht nur mit naturwissenschaftlichen Fragen beschäftigt hat. Deutlich wird, dass die Schüler/innen im Chemieleistungskurs ein bestimmtes Bild von naturwissenschaftlichem Unterricht besitzen. Sie sehen den Leistungskurs Chemie scheinbar nicht als den richtigen Platz für Betrachtungen und Reflexionen über das Fachinhaltliche hinaus und möchten kurz vor dem Abitur wohl eher ihr Fachwissen erweitern. Werbung wurde scheinbar schon zuvor eher kritisch betrachtet, sodass solche, auf Medienbildung fokussierten Methoden, zu einem so späten Zeitpunkt der Schulkarriere kaum einen empfundenen Effekt haben.

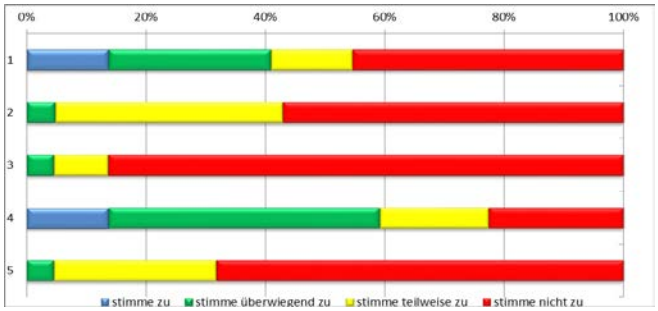


Abb. 1 Ausgewählte Ergebnisse Likert-Items, LK

Im Jahrgang 9 war dies komplett anders. Hier stimmten fast 90 % der Schüler/innen der Aussage zu oder zumindest überwiegend zu, dass die Behandlung von Werbung im Unterricht motivierend ist. Je Zweidrittel der Schülerinnen und Schüler stimmten den Aussagen zu, dass sie Werbung an sich jetzt kritischer als vorher beurteilen und dass es ihnen gefällt, dass sich der Unterricht nicht nur mit naturwissenschaftlichen Fragen

beschäftigt hat. Insgesamt wird ersichtlich, dass die Behandlung von Werbung im Jahrgang 9 durchaus Potential besitzt, die Motivation beim Lernen in den Naturwissenschaften zu erhöhen. Kontextualisierung ist hier ebenso wichtig, wie das Empfinden eines Bezugs des Lernens zur eigenen Lebenswelt. Offenbar ist hier die Entwicklung eines kritischen Verhältnisses zu Medien und Werbung noch ausbaufähig.

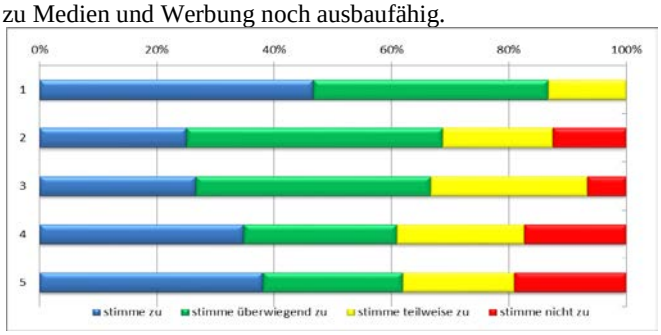


Abb. 2. Ausgewählte Ergebnisse Likert-Items, 9. Klasse Gesamtschule

Zusammenfassung und Ausblick

Die Erprobung zeigt, dass Werbung durchaus als kompetenzförderndes und motivierendes Medium im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden kann, jedoch eher in der Sekundarstufe I. Seitens der Oberstufe wird der zu geringe Gehalt an Fachwissen bemängelt, mehr noch scheint aber bei angehenden Abiturienten eine kritische Distanz zu den Medien bereits entwickelt, zumindest gehen die meisten Schüler/innen davon für sich selber aus. Die gesellschaftliche Komponente der Naturwissenschaften sollte unserer Meinung nach altersunabhängig aufgegriffen werden. An welchen Beispielen und Methoden das aber für die unterschiedlichen Altersstufen erfolgen sollte, ist eine noch ungeklärte Frage. Weitere Entwicklungen und Erprobungen finden hierzu gegenwärtig statt.

Literatur

Belova, N. & Eilks, I. (2013). Werbung im naturwissenschaftlichem Unterricht: Informationsquelle, Kontextualisierung, oder Beitrag zur Medienerziehung?. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, im Druck.

Eilks, I., Belova, N., von Döhlen, M., Burmeister, M. & Stuckey, M. (2012). Kommunizieren und Bewerten lernen für den Alltag am Beispiel der Energydrinks. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 65(8), 480-486.

Finzel, S. (Hrsg.) (2011): Eiweiß – ein Baustoff des Lebens. In: Berner, H.-G. (Hrsg.): *Magazin Cellagon*, 16-17.

Fredeking, V., Krommer, A. & Maiwald, K. (2008). Mediendidaktik Deutsch. Eine Einführung. Berlin: Erich Schmidt.

Kämmerer, H. (2014). Welchen Weg nehmen Proteine in unserem Körper? In: FitnessNetwork Medien & Marketing UG: *Shape up*, Sassnitz: contrast m, 40-42.Langner, S. (2009). Viral Marketing. Wiesbaden: Gabler, 3. Auflage.

Langner, S. (2009). Viral Marketing: Wie Sie Mundpropaganda gezielt auslösen und Gewinn bringend nutzen. Wiesbaden: Gabler.

Marks, R., & Eilks, I. (2009): Promoting scientific literacy using a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. International Journal of Environmental and Science Education, 4(2), 131-145.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz, 11. Auflage.

McSharry, G. & Jones, S. (2002). Television programming and advertisements: Help or hindrance to effective science education? International Journal of Science Education, 24(5), 487–497.

McFit. *AGB – Jugendliche.* https://www.mcfit.com/de/agbs.html (letzter Zugriff 07.10.2014).

Jens-Peter Knemeyer[1] [1]Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium Mannheim
Lars Hörner[2] [2]Pädagogische Hochschule Heidelberg
Nicole Marmé[2]

Electronic Design – Physik im Kunstunterricht

Zusammenfassung
Mit dem Projekt *Electronic Design* sollen physikalische Inhalte, insbesondere aus der Elektrizitätslehre, in den Kunstunterricht integriert werden. Die SchülerInnen erhalten den Auftrag ein leuchtendes Kunstwerk zu erschaffen, wobei ihnen verschiedene LEDs, Spannungsquellen und Widerstände zu Verfügung stehen. Es konnte gezeigt werden, dass es prinzipiell möglich ist, dass sich SchülerInnen auch im Kunstunterricht mit physikalischen Inhalten auseinandersetzten können und teilweise auch wollen. Hierbei kommt es zu einem messbaren Wissenszuwachs, ohne dass die entsprechenden Fachinhalte im regulären Physikunterricht parallel behandelt werden.

Einleitung

Es ist aus vielen Studien bekannt, dass physikalisches Fachwissen meist nicht langfristig bei den SchülerInnen verankert wird. Eine Konsequenz ist, dass die Bildungspläne mittlerweile den Fokus stärker auf den Erwerb von Schlüsselkompetenzen legen. Außerdem sollen die Fachinhalte stärker an schülergerechte Kontexte gebunden werden. Das hier vorgestellte Projekt soll beiden Punkten Rechnung tragen, indem die SchülerInnen einer 10. Klasse in einer selbstgesteuerten Gruppenarbeit ihre Kenntnisse der Elektrizitätslehre nutzen, um ein beleuchtetes Kunstobjekt im Kunstunterricht herzustellen. Das Projekt wurde bewusst nicht im Physik-, sondern im Kunstunterricht durchgeführt. Im Schulalltag ist es selbstverständlich, dass in den Naturwissenschaften auch geschichtlich und gesellschaftlich relevante Aspekte unterrichtet werden. Zudem soll auf korrekte Ausdrucksweise sowohl schriftlich als auch mündlich geachtet und diese geübt werden. Dagegen spielen die Naturwissenschaften in anderen Fächern nur sehr selten eine signifikante Rolle. Deshalb wird hier der Versuch unternommen, physikalische Inhalte in den Kunstunterricht zu integrieren. Außerdem soll den Kindern die Möglichkeit gegeben werden, theoretisch bereits vorhandenes Wissen aus den vorangegangenen Klassen 8 bzw. 9 in einem anderen Kontext zu reaktivieren. Der Physik-Lehrplan in Klasse 10 sieht dieses allerdings nicht vor. Im entsprechenden Kunstunterricht kann nach Lehrplan das Thema Skulpturen behandelt werden, sodass das Projekt in der vorgestellten Form in Einklang mit den Bildungsstandards in Baden-Württemberg zu bringen ist. Durch begleitende Prä- und Post-Fragebögen soll untersucht werden, inwieweit es den Kindern möglich ist, physikalisches Wissen in einem anderen Kontext zu reaktivieren und ob es außerhalb des Physikunterrichts zu einem messbaren Wissenszuwachs kommt.

Das Projekt

Als Hintergrund für das Projekt wurde die fiktive Firma *Electronic Design* entwickelt, die mit ihrer Internetpräsens (www.ed.lucycity.de) in der virtuellen Lernwelt *Lucycity* (www.lucycity.de) (Marmé & Knemeyer, 2011) angesiedelt ist. Die Schülergruppen werden über ein Anschreiben (Abb. 1) der Firma eingeladen, an der Ausstellung „Leuchtende Kunst“ teilzunehmen. Hierzu müssen sie bis zu einem festen Termin ein Kunstwerk erstellen, dessen Beleuchtung auf LEDs, Widerständen, einer 9 V-Batterie usw. basiert und dieses in einer 10-minütigen Präsentation vorstellen. Dabei dürfen die elektronischen Bauteile insgesamt maximal 7 EUR kosten. Die entsprechenden Preise finden die

SchülerInnen im Bauteilemarkt auf der firmeneigenen Internetseite. Hier finden sich außerdem in schülergerechter Form alle notwendigen physikalischen Hintergrundinformationen, wie beispielsweise die Reihen- und Parallelschaltung, Strom- und Spannungsmessung, LEDs. Das Projekt wurde in einer 10. Klasse in acht aufeinanderfolgenden Doppelstunden durchgeführt. In der ersten Doppelstunde wurden die Gruppen nach dem Abteilungsleiterprinzip (Marmé, Kneißl & Knemeyer, 2011) eingeteilt, der Prä-Fragebogen ausgefüllt und der Auftrag, sowie einige Materialen zu Künstlern (z. B. Paul Klee) und ein Zeitungsartikel zur optischen Kunst ausgeteilt. In der zweiten Doppelstunde hatten die Kinder einen Computerzugang, um eigenständige Recherchen durchzuführen und ihr Projekt zu planen. In den darauffolgenden Doppelstunden haben sie an den Kunstwerken gearbeitet und die Präsentationen für die letzte Doppelstunde vorbereitet. Abschließend wurde der Post-Fragebogen ausgefüllt.

Electronic Design

Kunstabteilung 1
Johann-Sebastian-Bach Gymnasium
Luisenstr. 27
68199 Mannheim

Elektronic Design
Volta Allee 9
300700 Lucycity
www.ed.lucycity.de

Ausstellung „Leuchtende Kunst"

Sehr geehrte Damen und Herren,

Electronic Design kombiniert in innovativer Weise Kunst und technische Elemente. Da die Kreativität bei uns immer an erster Stelle steht, sind wir stets bestrebt, mit jungen Nachwuchsdesignern zusammen zu arbeiten. Deshalb organisieren wir in regelmäßigen Abständen Ausstellungen mit verschiedenen Schwerpunkten, um in Kontakt mit jungen Künstlern mit frischen Ideen zu kommen. Zurzeit planen wir eine Ausstellung zum Thema "Leuchtende Kunst", auf der prinzipiell Kunstwerke aller Art ausgestellt werden können. Einzige Voraussetzung ist, dass die Beleuchtung mit kostengünstigen LEDs, Widerständen und einer 9 V-Batterie realisiert wird. Die elektronischen Bauteile dürfen zusammen nicht mehr als 7 EUR kosten. Die Preise für die Bauteile, sowie Grundlagen zur Elektronik finden Sie auf unserer Internetseite. Bilder der Kunstwerke, sowie die zugrundeliegenden Schaltpläne und Informationstexte müssen bis zum 27.Mai 2014 an LED-Ausstellung@ed.lucycity.de geschickt werden, um für die Ausstellung berücksichtigt zu werden. Außerdem erhalten Sie die Möglichkeit Ihre Ideen in einer ca. zehnminütigen Präsentation vor Fachpublikum vorzustellen.
Wir wünschen Ihnen viel Erfolg und freuen uns auf Ihre Beiträge.

Mit freundlichen Grüßen

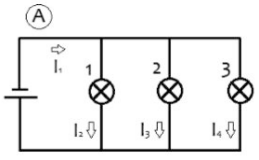
Dr. Nicole Marmé
(Vorstand)

Abb.1: Anschreiben der Firma an die Schüler

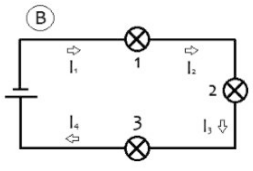
Fragebögen

Die Prä- und Post-Fragebögen zur Erhebung des Wissenszuwachses sind identisch und enthalten sieben Fragekomplexe zu Grundlagen der Elektrizitätslehre. Mit Ausnahme der Schaltskizze in Frage 7 sollten die Fragen laut Bildungsstandards ausführlich behandelt worden und selbst von SchülerInnen der unteren Niveaustufen zu beantworten sein. Im Einzelnen lauten die Fragen:

F1: Wie hängen Stromstärke, Widerstand und Spannung zusammen (Formel)?
F2: Nenne die Einheiten der Größen Stromstärke, Widerstand und Spannung.
F3: a) Wie hoch ist die Spannung an einer handelsüblichen Batterie? b) An einer Steckdose?
F4: In einem elektrischen Stromkreis fließen (Elektronen/ Neutronen/ Protonen/ Ionen).
F5: Im Schaltplan A sind drei gleiche Birnen geschaltet:
a) Dargestellt ist eine (Reihenschaltung/ Parallelschaltung).
b) Wenn Birne 1 herausgedreht wird, (gehen alle Birnen aus/leuchten Birne 2 und 3 genauso hell wie vorher/leuchten Birne 2 und 3 heller/ leuchten Birne 2 und 3 weniger hell)
c) Wie hängen die Stromstärken I_1, I_2, I_3 und I_4 zusammen?



F6: Im Schaltplan B sind drei gleiche Birnen geschaltet:
a) Es handelt sich um eine (Reihenschaltung/ Parallelschaltung)
b) Wenn Birne 2 herausgedreht wird, (gehen alle Birnen aus / leuchten Birne 1 und 3 / leuchtet nur noch Birne 1 / leuchtet nur noch Birne 3)
c) Wie hängen die Stromstärken I_1, I_2, I_3 und I_4 zusammen?



F7: Zeichne einen Schaltplan mit einer Batterie, einem Widerstad, einer Glühlampe, zwei Schaltern und einer LED. Die LED soll immer leuchten. Die Glühlampe soll leuchten, wenn mindestens ein Schalter geschlossen ist.
Neben den diesen Fragen wurden im Post-Fragebogen weitere Fragen zur Bewertung des Projektes gestellt, auf die in diesem Artikel nur allgemein eingegangen wird.

Ergebnisse
Der Prä-Fragebogen zeigt deutlich, dass selbst Grundlagen der E-Lehre, die ein bis zwei Jahre zuvor im Unterricht behandelt wurden, bei den Kindern in großen Teilen nicht präsent sind. So kennen nur zwei von zweiundzwanzig SchülernInnen den formalen Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand. Nur ca. ein Drittel der SchülerInnen kann die entsprechenden Einheiten nennen oder kennt die ungefähre Spannung einer Steckdose bzw. einer normalen Batterie. Insgesamt wurden 37 % der Fragen richtig beantwortet. Nach Beendigung des Projektes stieg der Wert auf knapp über 50 %. Dieser Anstieg erscheint auf den ersten Blick nicht besonders hoch, muss aber vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass die Kinder in dieser Zeit keinen Physikunterricht zum Thema E-Lehre hatten und auch im Projekt von Lehrerseite kein physikalischer Input geleistet wurde. Der gesamte Wissenszuwachs ist auf eigenständiges Arbeiten der SchülerInnen zurückzuführen und fällt bei den einzelnen Fragen sehr unterschiedlich aus. Dabei zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit zur Relevanz des Inhaltes zum Projekt. Beispielsweise mussten die Kinder mit Batterien arbeiten und LEDs passend zur Spannung der Batterie verschalten. Entsprechend verdoppelten sich die richtigen Antworten (F3) von 30 % auf 60 %. Die Frage nach den Teilchen, die sich im Stromkreis bewegen (F4) zeigt keine Veränderung. Hierbei handelt es sich zwar um elementares Grundwissen, welches aber für das Gelingen des Projektes keine Rolle spielt. Weitere Befragungen der SchülerInnen sowie der Lehrperson und Beobachtungen des Projekts haben gezeigt, dass die SchülerInnen motiviert und weitestgehend selbstgesteuert gearbeitet haben. Es fiel ihnen allerdings sichtlich schwer, sich neue oder bereits vergessene physikalische Inhalte selbstständig zu erarbeiten. Aus diesen Gründen wird das Projekt vor dem nächsten Durchgang an einigen Stellen modifiziert. So wird es eine einstündige Einheit zur Bedienung der Multimeter inklusive richtiger Messung von Spannungen und Stromstärken geben. Die entstanden Kunstwerke wurden auf der Internetseite (www.ed.lucycity.de) in der Rubrik „Ausstellungen“ veröffentlicht.

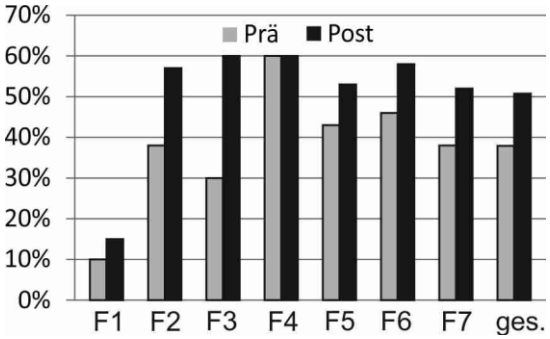


Abb.2: Anteil richtiger Antworten aus den Fragenkomplexen 1-7 der Prä- und Post-Fragebögen, sowie die entsprechenden Durchschnittswerte

Danksagung
Die Autoren danken dem Johann-Sebastian-Bach Gymnasium Mannheim für die enge und unkomplizierte Kooperation. Besonderer Dank gilt der beteiligten Kunstlehrerin Frau Sonja Scherer für die Durchführung und aktive Mitgestaltung des Projektes.

Literatur
Marmé, N. & Knemeyer J.P. (2011). Lucycity - eine virtuelle Lernstadt. GDCP, 300-302
Marmé, N., Kneißl, I. & Knemeyer J.P. (2011) Die virtuelle Lernstadt Lucycity im naturwissenschaftlichen Unterricht. GDCP, 303-305

Martina Brandenburger[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Peter Labudde[2]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg
[2]Pädagogische Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz

Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen von Studierenden

Im Rahmen eines Dissertationsvorhabens wird untersucht, welche Faktoren den Erfolg beim Problemlösen beeinflussen und wie groß ein solcher Einfluss jeweils ist. Eine Motivation für die Untersuchung dieses Zusammenhangs bildet der Fakt, dass sowohl im schulischen, als auch universitären Kontext Probleme (z. B. in Form von Übungsaufgaben oder von Aufgaben zur Leistungskontrolle) eine große Rolle spielen (vgl. Fischer & Draxler, 2001; Kühn, 2011). Um zur Klärung der Frage, was „gute“ und „schlechte“ Problemlöser voneinander unterscheidet, beizutragen, werden mehrere Forschungsfragen untersucht, von denen die folgenden im Rahmen dieses Artikels relevant sind: (F1a) Wie kann die Fähigkeit zum Problemlösen in der Physik differenziert gemessen werden? (F1b) Welche Leistungen zeigen Studierende bei Aufgaben zum Problemlösen? (F2) Mit welchen (personenbezogenen) Faktoren hängt der Erfolg beim Problemlösen zusammen und wie groß ist jeweils der Einfluss?

Messung des Erfolgs beim Problemlösen

Zur Untersuchung der ersten Forschungsfrage wurde ein Problemlösetest entwickelt, der an das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001) angelehnt ist. Die Bearbeitung von wissenszentrierten Problemen erfolgt formal nach vier Phasen (Repräsentation, Lösungsweg finden, Lösung, Evaluation – letztere wird ersetzt durch das Nachvollziehen von Lösungen; ausführlich s.h. z.B. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2013), die unterschiedliche Anforderungen an den Bearbeitenden stellen. Deshalb erschien es nicht angemessen, die Fähigkeit zum Problemlösen lediglich über die Betrachtung vollständiger Problemlöseprozesse zu untersuchen. Scheitert ein Student nämlich bereits bei der Repräsentation, können die weiteren Schritte nicht beobachtet werden, auch wenn der Student diese, mit Hilfe von Hinweisen, vielleicht korrekt durchführen könnte. Es wurde ein Papier-und-Bleistift-Test entwickelt, der die zur Bearbeitung einer Phase des Problemlösens benötigen vorangegangenen Phasen vorgibt. Soll beispielsweise eine Lösung durchgeführt werden, so sind Repräsentation und Lösungsweg angegeben. Es wurden für die Untersuchung vier Probleme so vorbereitet, dass sich zwölf Items für den Problemlösetest ergeben. Die Probleme stammen aus den Bereichen „Energie“ und „Kinematik“ im Rahmen der Mechanik und wurden, wie in der Forschung zum Problemlösen üblich (vgl. Reinhold et al., 1999), teilweise aus Physiklehrbüchern übernommen.

Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen

Zur Auswahl der zu messenden Einflussfaktoren auf den Erfolg beim Problemlösen werden Ergebnisse aus der Expertiseforschung und der Forschung zum Problemlösen zusammengeführt (z.B. Smith, 1991; Laukenmann et al., 2000; Friege, 2001). Es werden diejenigen Faktoren berücksichtigt, von denen ein großer Einfluss zu erwarten ist, die stabil sind und sich mit einem Papier-und-Bleistift-Test gut erfassen lassen. Bei den einbezogenen Faktoren handelt es sich um das Fachwissen (einerseits in Physik und andererseits in Mathematik), die Erfahrung beim Problemlösen, das Selbstkonzept in Bezug auf das Problemlösen und das Interesse in Form der Beliebtheit von physikbezogenen Tätigkeiten.

Design der Studie

Um der Komplexität des Problemlösens mit einer größeren Variation von Aufgaben, bei gleichzeitiger angemessener Anzahl von Aufgaben pro Testheft, gerecht werden zu können, wurde ein spezielles Design verwendet. Jedes der vier Testheft besteht aus fünf Teilen: An-

gaben zur Person (z.B. Abiturnote), Problemlösetest, Likert-Skalen zum Selbstkonzept und Interesse (s.h. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2013), Rasch-homogene Fachwissenstests zur Mathematik (s.h. Brandenburger et al., 2014) und zur Mechanik. Die vier Probleme des Problemlösetests werden über die vier Phasen (mit Überlappungen) durchrotiert, sodass insgesamt 12 unterschiedliche Items bearbeitet werden. Die Testzeit beträgt 90 Minuten.

Rasch-Modell des Problemlösetests

Für den vorgestellten Problemlösetest wurde zur Auswertung ein eindimensionales Rasch-Modell mit Partial-Credit gewählt, das, wie χ^2-Tests zeigen, die Daten im Vergleich zu mehrdimensionalen Modellen am besten abbildet. Die Berechnung erfolgte mit conquest. Es wurden die oben genannten zwölf Items des Problemlösetests mit jeweils zwei Schwellen einbezogen. Die Kodierung der Antworten ist entsprechend 0 (nicht gelöst), 1 (teilweise richtig gelöst / Ansatz), 2 (komplett richtig gelöst / vollständig). Diese Kodierung entspricht gleichzeitig der Bepunktung der Items, demzufolge können pro Testheft maximal 8 Punkte (je zwei pro Phase) erreicht werden. Der Datensatz beinhaltet 279 Studierende aus verschiedenen Studienrichtungen der Physik (Lehramt, Nebenfach, Fach). Der Problemlösetest ist Rasch-homogen (Kriterien vgl. Adams & Wu, 2002); die wMNSQ liegen zwischen 0.80 und 1.20, es findet keine Überschreitung des kritischen t-Werts statt und die klassische Trennschärfe aller Items liegt zwischen 0.57 und 0.74. Die Personenwerte haben ihren Mittelwert bei 0.04 (SD = 0.81). Die Schwierigkeit des Tests kann somit als passend angesehen werden. Ordnet man die Items der Schwierigkeit nach an, ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte Schwierigkeitsprofil. Für eine Komplexitätsreduzierung zur ersten Interpretation der Daten werden Gruppen von Items („Stufen“) gebildet, die von der Schwierigkeit her vergleichbar sind und ähnliche Anforderungen an den Bearbeitenden stellen. Aus statistischer Sicht sind hierbei besonders „Sprünge“ in der Itemschwierigkeit interessant. Über diese statistische Betrachtung hinaus, lässt sich die Anordnung der Items auch aus inhaltlichen Gründen erklären. Insbesondere der Bereich der Items (Energie oder Kinematik) scheint einen großen Einfluss auf die Schwierigkeit zu haben. Um dies graphisch darzustellen, wurden für die Items aus dem Bereich „Energie“ als Kreuze dargestellt, die Items aus dem Bereich „Kinematik“ als Kreise (jeweils noch mit der Abstufung hell und dunkel für die Schwellen „Ansatz“ und „vollständig“). Es lässt sich so erkennen, dass sich die Items aus dem Bereich „Energie“ tendenziell weiter links anordnen, also einfacher sind, wohingegen die Items zur „Kinematik“ schwieriger und somit weiter rechts im Schwierigkeitsprofil zu finden sind. Zusammengefasst können Personen, die einen Personenwert innerhalb einer der gefundenen Stufen besitzen, folgende Anforderungen erfüllen: *Stufe 1*: Die Bearbeitenden können Ansätze in einfacheren Bereichen (Energie) erarbeiten. (2.0/8.0 Punkten; 22% der Population). *Stufe 2*: Die Bearbeitenden können Probleme in einfacheren Bereichen (Energie) vollständig bearbeiten und in schwierigeren Bereichen (Kinematik) Ansätze finden (4.0/8.0 Punkten; 46% der Population). *Stufe 3*: Die Bearbeitenden können auch Probleme aus schwierigeren Bereichen (Kinematik) vollständig bearbeiten (5.8/8.0 Punkten; 32% der Population).

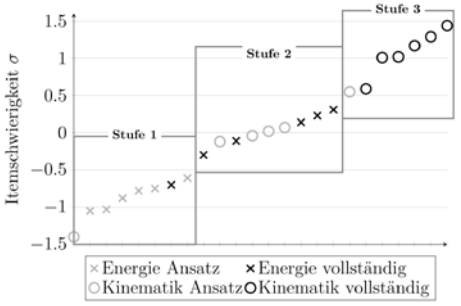


Abb. 1: Schwierigkeitsprofil

Ergebnisse

Für eine erste Auswertung wurden Gruppenvergleiche der erreichten Punkte (von maximal 8 Punkten) durchgeführt. Es ergibt sich ein Unterschied zwischen Frauen (M = 3.46,

SD = 2.23) und Männern (M = 4,62, SD = 2.01). Diese Differenz von -1.16, 95% KI [-1.68, -0.61] ist signifikant t(277) = -4.56, p = .000 bei mittlerem Effekt d = 0.52. Es bleibt anzumerken, dass für diesen Vergleich jedoch keine Kovariate, wie zum Beispiel der Studienschwerpunkt, mit einbezogen wurden, von denen jedoch ein stärkerer Einfluss als das Geschlecht an sich zu erwarten ist. Die Unterteilung der Population nach Studienschwerpunkt, d.h. ob Studierende Physik als Nebenfach (z.B. im Studium der Biologie) (M = 3.50, SD = 2.03) oder als Hauptfach (M = 4.53, SD = 2.16) belegen, führt bei einer Differenz von -1.03, 95% KI [-1.52, -0.53] ebenfalls zu signifikanten Unterschieden t(269) = -3.96, p = .000 bei mittlerem Effekt d = 0.48. Auch dieser Unterschied war zu erwarten, da davon ausgegangen werden kann, dass Studierende des Hauptfachs zum einen über mehr Fachwissen verfügen und sich zum anderen im Studium länger/intensiver mit dem Problemlösen beschäftigt haben. Ausgehend davon ist überraschend, dass sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Studierenden, die Physik als Fachstudium (M = 4.59, SD = 2.23) angeben, und Studierenden des Lehramts (M = 4.53, SD = 2.15) bei einer Differenz von 0.07, 95% KI [-0.82, 0.99] finden lassen t(156) = 0.15, p = .881.

Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob die oben genannten Faktoren einen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben, wurden die Mittelwerte der Probanden in den drei Stufen des Problemlösens zusammen in einem Diagramm dargestellt (Abb. 2). Es zeigt sich, dass erfolgreiche Problemlöser aus Stufe 3 in allen Bereichen überdurchschnittliche Werte erreichen. Bei den Personen aus Stufe 2 kann ein ähnliches Bild, nur etwas weniger ausgeprägt, beobachtet werden. Interessant sind die Ergebnisse der Studierenden aus Stufe 1, die Probleme nur ansatzweise lösen können. Diese zeigen zwar ähnliche Abiturnoten (in der Graphik umgepolt), besitzen jedoch ein wesentlich geringeres Selbstkonzept und weniger Fachwissen in Mathematik und Mechanik.

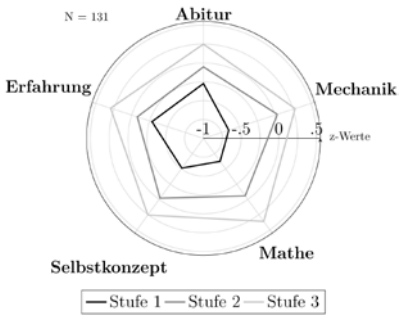


Abb. 2: Mittelwertvergleiche der Stufen

Ausblick

Finales Ziel der Untersuchung ist die Aufstellung eines Modells, das die Zusammenhänge zwischen den Prädiktorvariablen und dem Erfolg beim Problemlösen adäquat darstellt. Hierzu sollen die Daten, die mit den unterschiedlichen Instrumenten erhoben wurden unter anderem mit Varianzanalysen, Klassenbildung mit LCA und (linearer) Regression zusammengeführt werden.

Literatur

Adams, R. J.; Wu, M. (2002): PISA 2000 technical report. Paris: OECD.

Brandenburger, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?. In: S. Bernholt (Hrsg.), GDCP Jahrestagung 2012, 761-763. Kiel: IPN-Verlag.

Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S. & Labudde, P. (2014). Einfluss der Kenntnisse in Mathematik auf das Problemlösen in Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), GDCP Jahrestagung 2013, 294 - 296. Kiel: IPN.

Fischer, H.; Draxler, D. (2001): Aufgaben und naturwissenschaftlicher Unterricht. In: MNU 54 (7), 388–393.

Friege, G. (2001): Wissen und Problemlösen. Berlin: Logos-Verlag.

Kühn, S. M. (2011): Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe und im Abitur. In: ZfDN 17, 35–55.

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: ZfDN 6, 139–155.

Reinhold, P.; Lind, G.; Friege, G. (1999): Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. In: ZfDN 5 (1), 41–62.

Smith, M. U. (1991): A View from Biology. In: Mike U. Smith (Hg.): Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1–19.

Ulrike Gromadecki-Thiele Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer

Argumentationsmuster von Lehramtskandidaten in Physik

Motivation und Zielstellung der Untersuchung

Seit den 90iger Jahren hat die Anzahl fachdidaktische Studien im Bereich des Argumentierens stetig zugenommen (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007). Während viele Studien das Argumentationsverhalten von Schülerinnen und Schülern (z. B. Jiménez-Aleixandre et al., 2000) und einige Studien das Argumentationsverhalten von Lehrkräften untersuchen (z. B. Mork, 2005), gibt es kaum Studien zu argumentativen Fähigkeiten von zukünftigen Lehrkräften. Dabei scheint es eine Diskrepanz zu geben zwischen der Forderung, dass Lehramtskandidaten das Argumentieren als naturwissenschaftliche Methode beherrschen sollten und dem Umstand, dass Lehramtskandidaten mit den Fächern Physik oder Mathematik nicht explizit im Schreiben argumentativer Texte geschult werden. Um eine Basis zu schaffen, damit über mögliche Förderungsmaßnahmen und Lernmöglichkeiten diskutiert werden kann, hat sich diese Studie das Ziel gesetzt, die Fähigkeiten, die Lehramtskandidaten beim Argumentieren bereits ohne Schulung mitbringen, explorativ zu untersuchen.

Theoretischer Hintergrund

Viele Studien zum Argumentieren berufen sich auf das theoretische Modell von Stephen Toulmin (Toulmin, 1958), während andere Studien konstatieren, dass sich das Modell als Analyseinstrument für gesprochene und geschriebene Diskurse nicht gut eignet (Kelly et al., 2007, S. 142; Jiménez-Aleixandre et al., 2000). Grund dafür ist, dass das Toulmin-Schema die so genannte Mikrostruktur eines Arguments abbildet (Toulmin, 1958, S. 87), während in dialogisch angelegten Diskursen Makrostrukturen von Argumentationen (mehrsträngige Argumentationen, bei denen eine Vernetzung von mehreren Pro- und Contraargumenten stattfindet) vorherrschen. Ohnedies betonen in den letzten Jahren immer mehr Studien, dass beim Argumentieren nicht nur gute Proargumente formuliert werden müssen, sondern Contraargumente auch entkräftet werden sollten (z. B. Osborne et al., 2013).

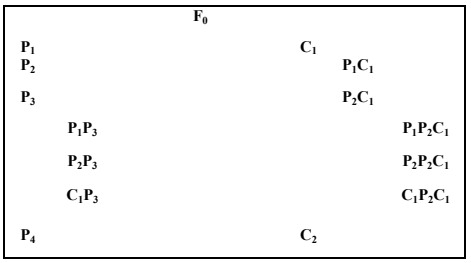


Abb. 1

Um solche Argumentationen abzubilden, ist das Argumentationsmodell von Arne Naess (Naess, 1975, S. 143 und 150f) besser geeignet. Im Mittelpunkt des Modells (s. Abb. 1) steht eine so genannte Spitzenformulierung (F_0). Diese kann durch Proargumente gestützt (P_i) oder durch Contraargumente (C_j) 1. Ordnung entkräftet werden. Innerhalb einer Argumentationen lassen sich weitere Proargumente finden, die die Hauptproargumente (1. Ordnung) stützen (z. B. P_1 stützt P_3) oder es lassen sich Proargumente finden, die die Hauptcontraargumente stützen (z. B. P_1 stützt C_1) usw.

Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Schwerpunkt der Studie sind folgende Forschungsfragen: Wie gut ist die Qualität der Argumentationen von Studierenden bei einem vorgegebenen „strittigen“ Beispiel aus der Physik? Wie gut argumentieren die Studierenden auf der Pro- und auf der Contra-Seite?

Verwenden die Studierenden bei Argumentationen sprachliche Verknüpfungen (z. B. *„weil", „aber", „aus diesem Grund"* etc.) richtig?
Für die Studie wurde den Studierenden eine Beispielaufgabe und eine Aufgabe mit strittigem physikalischen Kontext vorgelegt. 20 Bachelor- und Masterstudierende haben an der Studie teilgenommen. Das Aufgabenziel bestand darin, vorgegebene oder eigene Sätze schriftlich mit einem elektronischen Textverarbeitungsprogramms miteinander zu einer Argumentation zu verknüpfen. Die Bearbeitungszeit betrug ca. 35 min. Bei dem gewählten strittigen Beispiel ging es um einen Eiswürfel, der in einem Glas Wasser schmilzt. Die richtige These, dass der Wasserspiegel nicht steigt, wenn der Eiswürfel schmilzt, wurde vorgegeben. Ebenso wie die Gegenthese, dass der Wasserspiegel steigt mit zwei möglichen Gegenargumenten. Das Setting der Aufgabe wurde dabei so gewählt, dass sich die Studierenden in einer Diskussionsatmosphäre einfinden (Übernahme der semantischen Rolle) und zum Argumentieren motiviert werden sollten. Dabei wurde den Studierenden die inhaltliche Sachanalyse des Beispiels vereinfacht, indem 14 physikalisch relevante und inhaltlich richtige Sätze vorgegeben wurden (diese wurden mit dem Schema von Naess zuvor konstruiert). Weiterhin wurden Beispiele für Verknüpfungen gegeben. Die Argumentationen der Studierenden wurden qualitativ und inhaltlich mit mehreren Kategorien und Ratings durch zwei Rater ausgewertet.

Ergebnisse
Wie gut argumentieren die Studierenden auf der Contra-Seite? Bei den sprachlichen Verknüpfungen auf der Contra-Seite (und auf der Pro-Seite), lassen sich typische Fehler finden.
Beispiel 1:*„Da [begründen] beim Schwimmen die Gewichtskraft des Wasservolumens, das der Eiswürfel verdrängt hat, genauso groß ist wie die Gewichtskraft des gesamten Eiswürfels. Die Masse des Eiswürfels nimmt beim Schmelzen also [folgern] nicht ab. [...]"*
Kodiert wurden die Wörter „*da*" als Begründen und „*also*" mit Folgern. Man sieht – unabhängig von der falschen grammatikalischen Struktur – dass die Schlussfolgerung: *„die Masse des Eiswürfels nimmt nicht ab"* nicht aus der Tatsache folgt, dass beim Schwimmen die Gewichtskraft des Wasservolumens [...] genauso groß ist wie die Gewichtskraft des gesamten Eiswürfels. Inhaltlich würde man die Massenerhaltung eher als Voraussetzung sehen, nicht als etwas, auf das man in diesem Zusammenhang schließt. Der sprachlogische Fehler, dass Ursache und Wirkung beim Begründen und Folgern vertauscht werden, dass eine Folgerung durch „also" nicht durch die vorangehenden Sätze schlüssig wird, kommt auch in anderen Argumentationen häufiger vor.
Beispiel 2:*„Bei ca. 4°C hat Wasser seine größte Dichte und nimmt das kleinste Volumen ein, aus diesem Grund [begründen] nimmt Wasser beim Erstarren ein größeres Volumen ein als vorher. Aber [entgegensetzen] die Masse des Eiswürfels nimmt beim Schmelzen nicht ab."*
Auch beim zweiten Beispiel stimmt die Verknüpfung mit „*aus diesem Grund*" nicht, denn aus dem ersten Satz folgt zwangsläufig nicht, dass Wasser beim Erstarren ein größeres Volumen einnimmt (schließlich könnte das Volumen bei *0°C* immer noch kleiner sein als z. B. bei *10°C*). Ebenfalls wird das „*aber*", das als Entgegensetzen kodiert wurde, nicht korrekt angewendet. Ein direkter Gegensatz wird nicht erwähnt, weil das „*aber*" sich auf den letzten Satz bezieht und der Satz „*beim Erstarren wird das Volumen größer*" keinen inhaltlichen Gegensatz zu dem Satz „*die Masse des Eiswürfels nicht beim Schmelzen nicht ab*" darstellt. Ein direkter Gegensatz wäre, „das Volumen nimmt beim Schmelzen ab". Das wird aber nicht erwähnt. Es scheint lediglich „zwischen den Zeilen zu stecken".
Das Rating über die Güte der sprachlichen Verknüpfungen auf der Contra-Seite (Argumente gegen die These: „Der Wasserspiegel steigt, wenn der Eiswürfel schmilzt.") ergab eine gute Übereinstimmung von $\kappa = 0.60$. Es zeigt sich, dass lediglich zwei Studierende alle Verknüpfungen in ihren Argumentationen richtig verwendet haben. Jeweils vier Studierende haben

überwiegend korrekte bzw. inkorrekte Verknüpfungen. Auffällig ist, dass die Hälfte aller Studierenden überhaupt keine Argumente auf der Contra-Seite ausführen.
Wie gut argumentieren die Studierenden auf der Pro-Seite? Vergleicht man diese Daten mit dem Rating für die Pro-Argumentation (Argumente für die These: „Der Wasserspiegel steigt nicht, wenn der Eiswürfel schmilzt."), die in ihrer Interraterreabilität ein sehr gutes κ von 0.75 erreicht, so lässt sich feststellen, dass auch hier lediglich zwei Studierende ohne Fehler bei den Verknüpfungen auskommen. Eine Mehrzahl wendet die sprachlichen Verknüpfungen korrekt an und sechs Studierende verwenden überwiegend inkorrekte Verknüpfungen. Ein Studierender führt keinerlei Argumentation auf der Pro-Seite aus.
Wie gut argumentieren die Studierenden bei der Gesamtargumentation? Wenn man nun die inkorrekt verwendeten Verknüpfungen in der Gesamtargumentation eines Studierenden zählt und sie im Verhältnis zu der Gesamtzahl all seiner Verknüpfungen stellt, lässt sich folgendes feststellen: Acht von zwanzig Studierenden verwenden in ihren Argumentationen jede zweite Verknüpfung inkorrekt. Und lediglich zwei von zwanzig Studierenden kommen ohne Fehler aus. Zu erwähnen ist, dass die Interraterreabilität beim Rating der Gesamtargumentation mit $\kappa = 0.46$ nicht besonders gut erscheint, aber aufgrund der kleinen Stichprobe und dem Umstand, dass nicht alle Kategorien für Verknüpfung von den Studierenden verwendet werden, ist dies ein akzeptabler Wert.

Zusammenfassung und Diskussion
Bei der qualitative Bestandsaufnahme von Argumentationen von Studierenden lassen sich bislang zwei wesentliche Dinge aufdecken: 1) Die meisten Studierenden führen auf der Contra-Seite keine Argumente aus, obwohl die Aufgabenstellung dies nahe legt. 2) Die meisten Studierenden verwenden sprachlogische Verknüpfungen bei ihren Argumentationen inkorrekt und scheinen nicht in der Lage, Sätze sprachlogisch richtig zu verbinden.
Diese Ergebnisse erscheinen alarmierend und man sollte einschränkend hinzufügen, dass es mehrere Gründe geben kann, warum die Argumentationen der Studierenden qualitativ schwach erscheinen. Dazu zählen z. B. die Arbeit mit „Copy & Paste" mit dem elektronischen Textverarbeitungsprogramm, das Metawissen über die Methode des „guten Argumentierens" etc. Der womöglich größte Einflussfaktor könnte das sachlogische, inhaltliche Vorwissen der Studierenden sein.
In naher Zukunft soll die Qualität der Argumentationen noch genauer bestimmt werden, indem das bereits gut funktionierende Kodierungssystem durch neue Bereiche erweitert wird. Z. B. soll die Qualität der inhaltlichen sachlogischen Stringenz des Argumentationsaufbaus geratet werden. Ausblick für die fernere Zukunft könnten Studien zum Einfluss des Vorwissens auf die Qualität der Argumentationen sein.

Literatur
Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre. M.P. (Eds.). (2007). Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom-based research. Dordrecht, the Netherlands. Springer

Jiménez-Aleixandre, M.P., Rodrígez, A.B., & Duschl, R.D. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. Science Education, 84 (6), 757-792

Kelly, G.J., Regev, J. & Prothero, W. (2007). Analysis of Lines of Reasoning in Written Argumentation. In Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre. M.P. (Eds.), Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom-based research. Dordrecht, the Netherlands: Springer, 137-157

Mork, S. (2005). Argumentation in science lessons: Focusing on the teacher's role. Nordic Studies in Science Education, 1, 17-30

Naess, A. (1975). Kommunikation und Argumentation, Bd. Linguistik und Kommunikationswissenschaft. Kronberg: Scriptor

Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, Ch., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (3), 315-347

Toulmin, S. (1958). The Uses of Argument. Cambridge: Cambridge University press

Ümit Işık Erdoğan[1] [1]Universität Hacettepe
Kübra Koçak[2] [2]Magister Studentin

Argumentationsprozesse im Chemielabor am Beispiel Lösungen

Toulmin (1958) stellte in seinem Werk "The Uses of Argument" zur Erklärung der Entstehung von Debatten ein Modell dar, das die gründliche Basis eines Arguments und ihre Beziehungen vorweist.

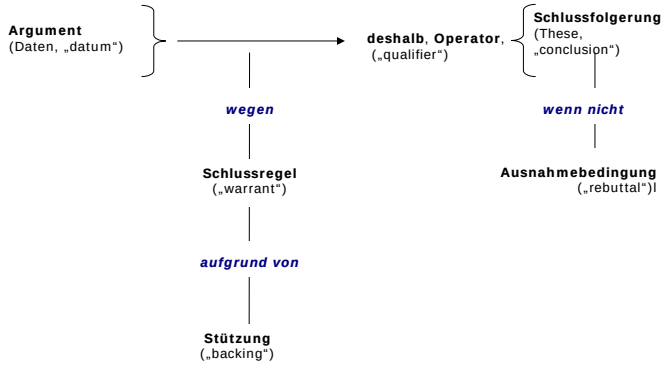


Abbildung 1: Das Argumentationsschema nach Stephen Toulmin

In dieser Studie ist das Ziel, im Rahmen des Themas "Lösungen " den Einfluss der Laborarbeiten, die mit der argumentenbasierten Wissenschaftslehre (ATBÖ) gestaltet wurden, den Erfolg der Lehrerkandidaten zu messen.

Die Methode

Diese Studie wurde mit 45 Studenten durchgeführt, die im Lehrgang 2012-2013 an der Pädagogischen Fakultät Abteilung Chemie- und Biologiedidaktik an der Hacettepe Universität im ersten Studiumsjahr studieren. 24 der Anwärter nahmen an der Versuchsgruppe und 21 der Anwärter an der Kontrollgruppe teil. Zur Datensammlung wurde ein „Lösungen"-Erfolgstest aus 20 Multiple-Choice-Fragen angewandt, der von dem Forscher entwickelt wurde. Die Validität und Reliabilität des Erfolgstest wurde berechnet und die Alpha-Reliabilitätsquote wurde als 0.76 festgestellt.

Der „Lösungen"-Erfolgstest wurde an beiden Gruppen als Pretest durchgeführt. Danach wurde der Versuchsgruppe der Argumentationsprozess erklärt. Bei der Vorbereitung von Aktivitäten über den ATBÖ-Ansatz wurden Strategien angewandt, die von Osborne, Erduran und Simon (2004) zur Erleichterung von naturwissenschaftlichen Kenntnissen in argumentationsbasierten Klassen entwickelt wurden.

Durchführungen mit der Versuchsgruppe:

Argumentierung und Vorstellung der Toulmin Argumentenbestandteile

Zur Argumentierung und Vorstellung der Toulmin Argumentenbestandteile wurden zwei Veranstaltungen gemacht. Bei der ersten Veranstaltung wurde das Arbeitsblatt angewandt, in dem das alltägliche Leben als Beispiel gegeben und das gemäß der "Argumentgestaltuns-strategie" vorbereitet wurde. Bei der zweiten Veranstaltung, in der das Thema Soziologie bearbeitet wurde, gebrauchte man die Strategie „Theorien, die mit Geschichten kämpfen".

Gestaltung von Argumenten und Gegenargumenten

In dieser Phase, in der beabsichtigt wird, Argumente und Gegenargumente zu entwickeln, wurden zu dem Thema "Gase" zwei Veranstaltungen durchgeführt. Sie waren einerseits

schriftlich und andererseits als ein Versuch gestaltet. In diesen Veranstaltungen wurden die Strategien "Konkurrierende Theorien-Strategie" mit Ideen und Beweisen und "Versuchsgestaltung"-Entwurf eines Experiment angewandt. Auf diese Weise haben die Kandidaten im Rahmen des Argumentationsbasierten Lernens (ATBÖ) gestalteten Laborunterricht Erfahrungen gesammelt. Dies gibt dem Forscher die Möglichkeit, eventuelle Probleme bei der Durchführung zuvor zu erkennen.

Laboranwendungen der Lösungen gemäß ATBÖ

In dieser Phase wurden über das hauptsächliche Thema der Studie „Lösungen" drei verschiedene Veranstaltungen durchgeführt. Die Reihenfolge ist folgend dargestellt: "Konkurrierende Theorien-Strategie mit Karikaturen", "Argumentgestaltung" und "Planung von Versuchen". Anhand von mündlichen Übungen wurden die Vorkenntnisse und ihre falschen Kenntnisse über das Thema herausgefunden.

Die Veranstaltung: "Was weiß ich über Lösungen? Die Arbeitsblätter wurden den Lehreranwärtern ausgeteilt und die Erklärungen in Form von Karikaturen laut vorgelesen. Die Lehreranwärter arbeiteten vor allem in Partnerarbeit und schrieben ihre Argumente über die Meinungen der vorgelegten Karikaturen. Diese Phase diente dazu, Personen mit Gegenmeinungen zu überzeugen. Nachdem jede Gruppe ihre eigenen Argumente gegliedert und ihre eventuellen Gegenargumente aufgeschrieben hatte, hielt man in der Klasse eine Debatte und leitete daraus Folgerungen ab.

Die Veranstaltung: "Konzentrationseinheiten überall: Den Lehreranwärtern, die je Vierer-Gruppen bildeten, wurden Arbeitsblätter mit Beweisausdrücken über Konzentrations-einheiten ausgeteilt. Für gruppeninterne Diskussionen wurde eine Zeit gegeben, danach machten sie anhand der Beweisausdrücke Argumente über Konzentrationseinheiten. Es stellte sich heraus, dass es während der Diskussionen auch Gegenargumente gab. Nach Begründung der Gruppen ihrer Argumente und der Führung der Lehrkraft anhand Fragen und Beispielen erreichte man einen gemeinsamen Beschluss. Nach den mündlichen Veranstaltungen wurde eine Praxis im Labor durchgeführt

Die Veranstaltung: "Magische Mischung": Das Ziel war die Feststellung von Fähigkeiten der Teilnehmer in der Zubereitung von Lösungen und Zubereitung von Lösungen in gewünschten Konzentrationen. Die Geschichte wurde durch den Forscher den Teilnehmern vorgelesen und machte es den Teilnehmern klar, dass sie die Hauptfiguren in der Geschichte sind, die das Problem lösen werden. Die Geschichte „Magische Mischung" gibt den Lehreranwärtern manche Anhaltspunkte über den Versuch, wie: "dass die magische Mischung als Stoffmengenkonzentration sein kann", "auch die Geheimsachen, die Wörter Mol und Volumen", "Wenn wir den Zusammenhang zwischen Mol, Volumen und Stoffmengenkonzentration gestalten", "entwickeln das Versuchssystem für die Magische Mischung". Die Anwärter, die Vierer-Gruppen bildeten, machten zuerst ihre Argumente über die Geschichte, teilten sie in der Klasse. Danach folgten sie den Richtlinien in den Arbeitsblättern, gestalteten und verwirklichten ihre Versuche. Sie wurden daran erinnert, dass es auf den Arbeitsblättern sowohl falsche als auch richtige Sätze gibt. Jede Gruppe schrieb nach Beendung ihres Versuchs anhand ATBÖ einen Bericht mit ihren Argumenten.

In der Kontrollgruppe wurde vor der Vorlesung den Anwärtern über das Thema zwei verschiedene Versuchsfolien ausgeteilt ("Lösungszubereitung aus Festen Aggregaten" und "Zubereitung von Lösungen in gewünschter Konzentration aus Konzentrationslösungen") und gewünscht, dass sie mit Vorkenntnissen an der Vorlesung teilnehmen. Danach gaben sie die in traditioneller Weise geschrieben Berichte der Lehrkraft ab. Letztendlich wurde mit beiden Gruppen der Lösungen-Test als Letzttest geschrieben.

Schlussfolgerung

Die Daten der Pre- und Posttests, die vor und nach den Durchführungen gemacht wurden, wurden mit statistischen Methoden analysiert. Gemäß den Posttest-Punkten sind die

Versuchs- und Kontrollgruppen sich in nahen Punkten gewesen. Laut den abhängigen Stichproben-T-Tests haben beide Gruppen ihre Erfolge in Lösungen erweitert. Laut den Ergebnissen der unabhängigen Stichproben-T-Tests sind die Posttest-Punkte der Anwärter in der Versuchsgruppe in Vergleich zu denen der Kontrollgruppe bedeutsamer. Demnach sind ATBÖ-basierte Laboranwendungen auf dem Erfolg der Anwärter einflussreich.

Debatte

Bei der Debatte stellte man bei den Pre-und Posttest-Punkten der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe bedeutsame Zunahmen. Da die Kenntnisse der Lehreranwärter in dem Thema Lösungen begrenzt mit ihren vorherigen Kenntnissen war und sie nur im Semester in der Vorlesung Allgemeine/Grundchemie darüber Kenntnisse erhielten, ist die Erhöhung in Kenntnissen nach den Durchführungen ein erwartetes Ergebnis. Außerdem haben bei der Erziehung in Naturwissenschaften Laboranwendungen in der traditionellen Methode zur Erhöhung des Erfolgs und Unterstützung der Lehre auch einen bedeutsamen Platz. Hier ist der bedeutende Punkt, dass der Unterschied des Posterfolgstests in Lösungen zugunsten der Versuchsgruppe ist. Demnach sind die ATBÖ-basierten Laboranwendungen zur Erhöhung der Erfolgssrate der Lehreranwärter effektiver gewesen. Außerdem sind mehrere Studien vorhanden, dass der ATBÖ-Ansatz auf den Erfolg des Lernenden positiven Einfluss hat (Zohar und Nemet, 2002; Yeşiloğlu, 2007; Uluçınar-Sağır, 2008; Özer, 2009; Altun, 2010; Erdoğan, 2010; Kabataş-Memiş, 2011; Demircioğlu, 2011; Okumuş und Ünal, 2012). Als ein positives Ergebnis dieser Preaktivitäten stellte man fest, dass die Anwärter bei den Veranstaltungen des Hauptthemas sich an den Argumentationsprozess besser adaptieren konnten. Kuhn (1991) betonte zur Bedeutung der Vorbereitungsaktivitäten vor den Durchführungen, dass die Praxis sehr wichtig ist, um gute Argumente machen zu können. Aus dieser Sicht ist es bei Studien wichtig, die den Einfluss ATBÖ-basierten Anwendungen erforschen, neben den Prozess gemäßen Aktivitäten auch Aktivitäten zur Vorstellung der Argumentation zu veranstalten.

Literaturverzeichnis

Altun, E. (2010). Işık ünitesinin ilköğretim öğrencilerine bilimsel tartışma (argümantasyon) odaklı yöntem ile öğretimi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.

Demircioğlu, T. (2011). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının laboratuvar eğitiminde argüman temelli sorgulamanın etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi.

Erdoğan, S. (2010). Dünya, güneş ve ay konusunun ilköğretim 5. sınıf öğrencilerine bilimsel tartışma odaklı yöntem ile öğretilmesinin öğrencilerin başarılarına, tutumlarına ve tartışmaya katılma istekleri üzerine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Uşak Üniversitesi.

Kabataş-Memiş, E. (2011). Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının ve öz değerlendirmenin ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersi başarısına ve başarının kalıcılığına etkisi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi.

Kuhn, D. (1991). The Skills of Argument. Cambridge: Cambridge University Press.

Okumuş, S. ve Ünal. S. (2012). The effect of argumentation model on students' achievement and argumentation skills in science. Procedia-Social and Behavioral Science, 46 (2012), 457-461.

Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Education, 41(10), 994-1020.

Özer, G. (2009). Bilimsel tartışmaya dayalı öğretim yaklaşımının öğrencilerin mol kavramı konusundaki kavramsal değişimlerine ve başarılarına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.

Toulmin, S. E. (1958). The Uses of Argument. Cambridge: Cambridge University Press.

Uluçınar-Sağır, Ş. (2008). Fen bilgisi dersinde bilimsel tartışma odaklı öğretimin etkililiğinin incelenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi.

Yeşiloğlu, S. N. (2007). Gazlar konusunun lise öğrencilerine bilimsel tartışma (argümantasyon) odaklı yöntem ile öğretimi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.

Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. Journal of Research In Science Teaching, 39(1), 35-62.

Jan Heidrich IPN Kiel
Knut Neumann
Stefan Petersen

Strukturelle- und externe Validierung eines Experimentiertests

Motivation

Eines der zentralen Ziele der Ausbildung in den Naturwissenschaften ist die Vermittlung von Experimentierkompetenz (KMK, 2005). In der universitären Ausbildung werden dafür Praktika eingesetzt, deren Effizienz allerdings kritisch diskutiert wird (Schumacher & Planinšič, 2007). Während es verschiedene Modernisierungen und Neustrukturierungen zu Praktika gibt (Schumacher & Planinšič, 2007), fehlen bisher gesicherte Erkenntnisse zum Erwerb von Experimentierkompetenz als zentralem Ziel. Dies liegt vor allem darin begründet, dass sich die Erfassung von Experimentierkompetenz im Hinblick auf die Reliabilität und Validität problematisch gestaltet (Shavelson et al., 1999; Emden, 2011; Heidrich et al., 2014).

Experimentierkompetenz

Experimentieren kann als potentiell iterative Abfolge von Handlungen verstanden werden (Klahr & Dunbar, 2000). Diese Abfolge lässt sich prinzipiell in drei Phasen gliedern: Vorbereitung, Durchführung und Auswertung (Emden, 2011). Die erfolgreiche Bearbeitung der einzelnen Phasen erfordert jeweils spezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten (vgl. Emden, 2011; z. B. Maiseyenkaet al., 2011; vgl. Abb. 1). Experimentierkompetenz lässt sich dabei bewerten anhand: (I) der Richtigkeit der Durchführung einzelner Fähigkeiten und Fertigkeiten (Maiseyenka et al., 2011); (II) der Strukturiertheit bei der Abfolge von Fähigkeiten und Fertigkeiten (Emden, 2011); und (III) der Zielorientiertheit beim Experimentierprozess mit Blick auf die Lösungsstrategie (Klahr & Dunbar, 2000).

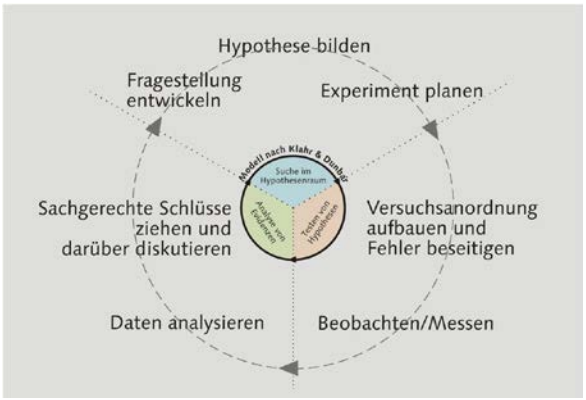


Abbildung 1: Fähigkeiten und Fertigkeiten im Experimentierprozess

Forschungsziel

Das Ziel des vorliegenden Projekts ist es, die Probleme bzgl. der Validität gezielt zu untersuchen und basierend auf den Erkenntnissen ein valides Testinstrument zu entwickeln.
Im ersten Schritt wurde basierend auf einer Fachinhaltsanalyse ein Experimentiertest für den Themenbereich Optik des physikalischen Anfängerpraktikums in der universitären Grundausbildung entwickelt und die inhaltliche Validität geprüft. Anschließend wurden mittels einer Videostudie zum lauten Denken produkt- und prozessorientierte Auswerteverfahren bzgl. der kognitiven Validität untersucht (Heidrich et al., 2014). Im vorliegenden Teil des Projekts sollten darauf aufbauend die strukturelle und externe Validität des Instruments untersucht werden (Messick, 1995). Dafür werden theoretisch erwartete Strukturen und Zusammenhänge innerhalb des Modells und zu anderen Konstrukten mit den tatsächlich beobachteten Strukturen und Zusammenhängen aus den vorliegenden Daten verglichen. Die

Qualität des Experimentierens lässt sich an den drei unabhängigen Aspekten Richtigkeit, Strukturiertheit und Zielorientiertheit beurteilen (vgl. Experimentierkompetenz). Bei der Erfassung von Experimentierkompetenz werden diese drei Aspekte im Sinne von Subskalen für jede Aufgabe erfasst und daraus die Experimentierkompetenz berechnet. Testtheoretisch bedeutet das, es werden ausreichende Reliabilitäten für die drei Subskalen und das daraus zusammengesetzte Maß für die Experimentierkompetenz erwartet (*S1*). Gleichzeitig werden mit den Subskalen verschiedene Aspekte gemessen, entsprechend spricht man von einem formativen Messmodell und eine Korrelation zwischen den Aspekten wird nicht vorausgesetzt (*S2*). Wenn sich mit dem Experimentiertest Experimentierkompetenz erfassen lässt, dann sollte die Testleistung der Experimentierkompetenz mit der Testleistung basierend auf gängigen Auswerteverfahren von Experimentiertests oder der Bewertung durch den Praktikumsleiter im Sinne einer konvergenten Validierung zusammenhängen (auch wenn die gängigen Auswerteverfahren noch Probleme bzgl. der Reliabilität und Validität ausweisen). Vor allem der Aspekt der Richtigkeit sollte die Scores der alternativen Auswerteverfahren vorhersagen können, da diese zumeist auf Modellierungen beruhen, die Richtigkeit als einziges Qualitätskriterium beim Experimentieren beschreiben (*S3*). Der Experimentiertest soll Experimentierkompetenz als Konstrukt messen und kein anderes „nahes“ Konstrukt wie z. B. Fachwissen soll (übermäßig) testrelevant sein (construct-irrelevant variance, Messick, 1995). Entsprechend sollten sich im Sinne einer divergenten Validität höchstens geringe Zusammenhänge der Testleistung mit anderen „nahen“ Konstrukten beobachten lassen (*S4*).

Design

Die Untersuchung der strukturellen und externen Validität wurde im Rahmen des physikalischen Anfängerpraktikums an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel durchgeführt. Einer der sechs regulären Optikversuche wurden durch den Experimentiertest und eine Begleiterhebung ersetzt. In der Begleiterhebung wurden persönliche Informationen, Praktikumsnote in Optik, Fachwissen (Kröger et al., 2014), Selbstwirksamkeit (adaptiert von Rabe et al., 2012) und Strategiewissen (Thillmann, 2007) erhoben. Insgesamt bearbeiteten N=58 Studierende im Hauptfachpraktikum den Experimentiertest. Die Daten wurden analog zur Studie zum lauten Denkens mit dem neu entwickelten ökonomischen Auswerteverfahren ausgewertet (vgl. Heidrich et al., 2014). Um zu untersuchen, ob es sich beim gemessenen Konstrukt um Experimentierkompetenz handelt, wurde die Testleistung mit alternativen- in Experimentiertests gängigen- Auswertemethoden bestimmt und mit dem Score der Experimentierkompetenz verglichen. Dazu wurden die folgende Verfahren gewählt: (I) Es wurde das Endergebnis bewertet; (II) es wurde jeweils ein globales Maß für die Aspekte der Experimentierkompetenz kodiert; (III) es wurden die Aufzeichnungen qualitativ bewertet; (IV) es wurde eine Checkliste als Vergleich zur Musterlösung eingesetzt.

Ergebnisse

Zur Untersuchung der Struktur (*S1*) wurde Cronbachs α bestimmt. Es zeigt sich, dass das Gesamtmaß (α=.67) sowie die Subskalen für Richtigkeit (α=.60) und Zielorientiertheit (α=.73) reliabel abgebildet werden konnten. Die Subskala für die Strukturiertheit muss noch weiter angepasst werden (α=.54). Für (*S2*) wurden die Korrelationen der Aspekte untereinander untersucht. Dabei konnten maximal geringe Korrelationen von .33, $p < .01$ gefunden werden. Zur Untersuchung von (*S3*) wurde analysiert wieviel Varianz durch die Aspekte der Experimentierkompetenz aufgeklärt werden konnten. Die Ergebnisse finden sich zusammen mit den Faktorladungen in Tabelle 1. Zur Untersuchung von (*S4*) wurden die Zusammenhänge der externen Maße Praktikumsnote, Fachwissen, Selbstwirksamkeit und Strategiewissen mit den Aspekten der Experimentierkompetenz verglichen. Die Praktikumsnote korreliert mit .47, $p < .001$ mit der Richtigkeit. Das Fachwissen weist keine ausreichende interne

Konsistenz (α=.40) auf, um Zusammenhänge zu untersuchen. Selbstwirksamkeit (α=.81) und Strategiewissen (α=.80) weisen keine Zusammenhänge zur Experimentierkompetenz auf.

Tabelle 1: Vorhersage alternativer Auswerteverfahren durch Experimentierkompetenz

	Aufgeklärte Varianz	Faktorladungen
Endergebnis	.518	b_R=.566***
Global Richtigkeit	.468	b_R=.527***
Global Strukturiertheit	.527	b_R=.482***; b_Z=.413***
Global Zielorientiertheit	.506	b_R=.403*; b_Z=.503**
Bewertung Prüfer	.701	b_R=.816***
Checkliste	.622	b_R=.646***; b_S=.249*

Diskussion

Das Ziel, strukturell valide Daten zu generieren, wurde fast erreicht. Die Reliabilität (ausschließlich Strukturiertheit) ist ausreichend, das latente Messmodell konnte bestätigt werden und die alternativen Auswerteverfahren konnten zu 47-70 % aufgeklärt werden. Zum vollständigen Erreichen des Ziels muss der Aspekt der Strukturiertheit weiter ausgeschärft werden. Erwartungskonform war der Stellenwert der Richtigkeit bzgl. anderer Auswerteverfahren zentral. Allerdings gibt es bisher, auch wegen fehlender Vergleichsmöglichkeiten, kaum Erkenntnisse zur Passung der Strukturen der Aspekte Strukturiertheit und Zielorientiertheit. Bei der externen Validität konnte ein Zusammenhang zur Praktikumsnote, als wichtigstem Indikator gefunden werden. Es konnten keine Zusammenhänge zu Fachwissen, Selbstwirksamkeit und Strategiewissen gefunden werden. Eine nähere Analyse zeigte, dass die Erfassung des Fachwissens (fehlende Reliabilität) und das Strategiewissen (zu leichter Test) nicht adäquat gelungen sind. Entsprechend kann nur bestätigt werden, dass Selbstwirksamkeit nicht testrelevant war und bei der externen Validität weitere Evidenz generiert werden muss.

Literatur

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Univ., Diss.--Duisburg-Essen, 2011. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 118. Berlin: Logos.

Heidrich, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2014). Kognitive Validierung eines Experimentiertests durch Think Alouds. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP Jahrestagung in München 2013 (pp. 180–182). Kiel: IPN.

Klahr, D., & Dunbar, K. (2000). Exploring science: The cognition and development of discovery processes. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2014). Erfassung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte im Rahmen des Projekts KiL. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bidlung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP Jahrestagung in München 2013 (pp. 117–119). Kiel: IPN.

Maiseyenka, V., Nawrath, D., & Schecker, H. (2011). Modellbasierte Diagnose und Förderung experimenteller Kompetenz. In D. Höttecke (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. GDCP Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster, Westf: LIT-Verl.

Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of interferences from persons' responses and performance as scientific inquiry into score meaning. American Psychologist, 50(9), 741–749.

Rabe, T., Krey, O., & Meinhardt, C. (2013). Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I. In S. Bernholt (Ed.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. GDCP Jahrestagung in Hannover 2012 (pp. 635–637). Kiel: IPN.

Schumacher, D., & Planinšič, G. (2007). Student undergraduate laboratory and project work. European Journal of Physics, 28(3).

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

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.

Thillmann, M. (2007). Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung.

Lisa Engl Universität Koblenz-Landau
Björn Risch

Auswirkung der Protokollierfähigkeit auf die Lernwirksamkeit

Theoretischer Hintergrund

Im schulischen Kontext wird dem Prozess der Erkenntnisgewinnung in eigenverantwortlichen Lernprozessen immer mehr Bedeutung beigemessen. Experimentelles Arbeiten als Teilbereich der Erkenntnisgewinnung wird in den nationalen Bildungsstandards als Prozess beschrieben und erfordert verschiedene Teilfähigkeiten der Lernenden (Wellnitz et al., 2012). In den Standards findet sich allerdings keine trennscharfe Unterscheidung zwischen den einzelnen Schritten des Experimentierprozesses (Emden & Sumfleth, 2012). Es kristallisieren sich jedoch vier Teilschritte heraus: (1) Fragestellung entwickeln, (2) Experimente durchführen, (3) Daten notieren und auswerten und (4) Schlussfolgerung ziehen. Der Teilschritt „Daten notieren und auswerten" wird zumeist durch die Erstellung eines Protokolls gesichert. Die Fähigkeit des Protokollierens könnte somit eine wichtige Kompetenz im Prozess der Erkenntnisgewinnung darstellen. In der fachdidaktischen Forschung gibt es bisher keine Studien, in denen explizit der Teilschritt der Datenaufnahme und dessen Bedeutung untersucht wurde.

Untersuchungsdesign

Im Rahmen des Projekts „PROLAB – Protokollieren im Labor" befassen sich Wissenschaftler/innen verschiedener Fachdisziplinen mit dem Konstrukt der „Protokollierfähigkeit". Die hier vorgestellte Teilstudie dient zur Überprüfung der Auswirkung der Protokollierfähigkeit auf die Lernwirksamkeit im Fach Naturwissenschaften. Damit verbunden sind folgende Forschungsfragen:

- Hat das Protokollieren während des Experimentierens einen Einfluss auf die Lernwirksamkeit?
- Hat die Qualität der Protokolle einen Einfluss auf die Lernwirksamkeit?

Vier Schulklassen (N=115) der sechsten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums führten drei Einheiten zum Thema „Identifizieren von Stoffen und ihren Eigenschaften" im Schülerlabor „Nawi-Werkstatt" durch. Es wurden sechs Experimente in Kleingruppen (á 3-4 Personen) mit dem Ziel durchgeführt, eine Aufgabenstellung experimentell zu beantworten. Zum Beispiel sollte mit Hilfe von Steckbriefen zu unterschiedlichen Gasen, das Gas experimentell identifiziert werden, welches beim Sprudeln von Brausetabletten in Wasser entsteht.

Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte mittels Fragebögen und Videoaufnahmen. Die Messzeitpunkte wurden entsprechend dem Design eines „Pre-/Post-/Follow-up-Tests" gewählt. In den Tests wurden demographische Daten, das Fachinteresse, Fachwissen und die Protokollierfähigkeit erhoben. Das Fachwissen wurde durch 28 Items zu den experimentellen Aufgabenstellungen ermittelt. Jedes Item bezieht sich auf ein bestimmtes Experiment.

Erfassung der Protokollierfähigkeit

Um die individuelle Protokollierfähigkeit zu erfassen, wurde der Prototyp eines entsprechenden Messinstruments entwickelt. Das Messinstrument beruht auf der Idee, Schüler/inne/n Videosequenzen von fachdidaktischen Demonstrationen zu präsentieren und sie aufzufordern, den Videoinhalt in Form eines Protokolls darzustellen. Die Kombination aus Videosequenz und Arbeitsauftrag wird als „Video-Item" bezeichnet. Um die Ausprägung der

Qualität dieser Protokolle ermitteln zu können, wurde ein Bewertungssystem entwickelt, welches sich zurzeit in der Validierungsphase befindet (Engl et al., angenommen). Dieses umfasst folgende vier Kategorien:

- Gliederung (Absätze, Strukturierungselemente, Lesbarkeit)
- Produkt (Korrekte Darstellung wesentlicher Inhalte)
- Beziehungen (Korrekte Darstellung wesentlicher Beziehungen zwischen den Inhalten, Innere Struktur)
- Repräsentationsform (Deskriptive Erfassung der gewählten Repräsentationsform)

Intervention

Die Intervention erfolgte im Kontrollgruppendesign. Dazu wurden die beteiligten Klassen innerhalb des Klassenverbandes per Zufall in eine Kontroll- und eine Experimentalgruppe eingeteilt (randomisiert). Für jede der sechs 45-minütigen Experimentiereinheiten galt der identische Ablauf (vgl. Abb.1). Die Probanden der Experimentalgruppe wurden während und nach jedem Experiment aufgefordert, ihre Daten in Form eines Protokolls zu sammeln und auszuwerten. Dies wurde durch eine entsprechende Gestaltung des Arbeitsheftes gefördert. Die Kontrollgruppe dagegen fertigte keine Protokolle während des Experimentierens an. Die – im Vergleich zur Experimentalgruppe – fehlende Zeit zum Protokollieren wurde durch längeres Experimentieren kompensiert.

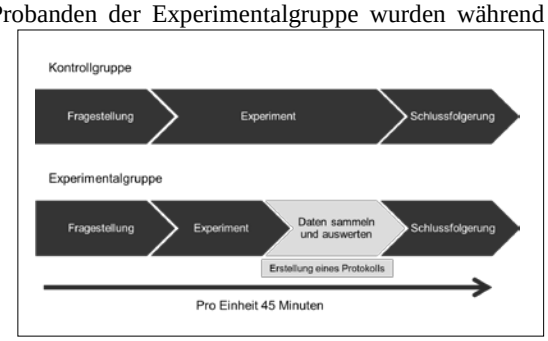


Abb.1, Ablauf der Intervention

Ergebnisse & Diskussion

Lernwirksamkeit

Zur Ermittlung der Lernwirksamkeit wurden die Items zu den experimentellen Aufgabenstellungen ausgewertet („Fachwissen“). Um den direkten Wissenszuwachs nach der Intervention zu ermitteln, wurde für die Pre-Post-Analyse der residuale Lerngewinn herangezogen. Dafür wird der Zuwachs an richtigen Fragen in einer Punktedifferenz angegeben. Abbildung 2 zeigt die Lernwirksamkeit im Vergleich von Kontroll- zu Experimentalgruppe, angegeben in einer Punktedifferenz „Pretest zu Posttest“. Es zeigt sich, dass beide Gruppen durch die Lernumgebung dazu gelernt haben. Der Median der Experimentalgruppe liegt etwas höher als der Median der Kontrollgruppe. Die Experimentalgruppe lernt tendenziell mehr (Lineares Modell $p = 0.09$ (.)). Die Spanne von Minimum zu Maximum ist in der Experimentalgruppe vergleichbar größer als bei der Kontrollgruppe. Die Intervention der Experimentalgruppe scheint bei einigen Schüler/inne/n einen Erfolg zu verzeichnen, bei anderen jedoch nicht. Dieser Effekt lässt sich möglicherweise auf die Qualität der Protokolle jedes und jeder Einzelnen zurückführen.

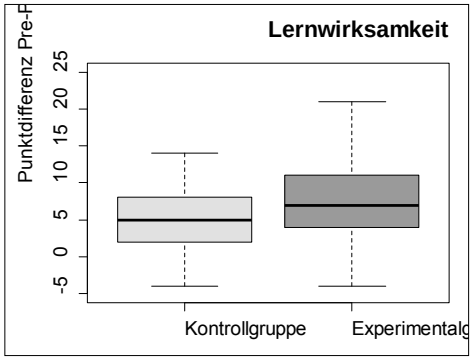


Abb. 2,Lernwirksamkeit durch Punktedifferenz Pre- zu Post-Test im Vergleich Kontroll- zu Experimentalgruppe

Insgesamt kann gezeigt werden, dass auch ohne das Schreiben von Protokollen ein Wissenszuwachs vorhanden ist, sich aber die Lernwirksamkeit der Schüler/innen durch das Protokollieren tendenziell erhöht.

Qualität der Protokolle

Im zweiten Auswertungsabschnitt galt es, eine Antwort auf die Frage zu finden, ob sich die Qualität der Protokolle auf die Lernwirksamkeit auswirkt. Dazu wurde die Qualität der Protokolle von den Probanden der Experimentalgruppe mit dem entwickelten Bewertungssystem zur Protokollierfähigkeit bestimmt (vgl. oben). Der dabei ermittelte Wert wurde mit den Ergebnissen der Lernwirksamkeit in Beziehung gesetzt. Die Auswertung ergab keine Korrelation zwischen Lernwirksamkeit und Qualität des Protokolls. Probanden mit hoher Lernwirksamkeit schreiben nicht automatisch bessere Protokolle als Probanden mit niedriger Lernwirksamkeit. Für diesen fehlenden Zusammenhang scheinen verschiedene Gründe plausibel: Zum einen wurden in dieser Studie die Protokolle nicht immer individuell angefertigt. Absprachen untereinander und voneinander Abschreiben beim Protokollieren waren üblich. Außerdem können mögliche Fehler vom Datensammeln und -auswerten nicht durch ein Protokoll behoben werden. Ein Protokoll garantiert nicht ein richtiges Ergebnis und kann wohlmöglich eine falsche Vorstellung noch zusätzlich verstärken. Weiterhin verfolgt jede und jeder eine unterschiedliche Vorgehensweise und Strategie beim Protokollieren. Ein Interview mit einer Schülerin im Nachgang der Intervention zeigte, dass ihr das Protokoll nur als Erinnerungsstütze dient: „…dann erinnert man sich auch, wann man das so geschrieben hat und was man da grad so gedacht hat.“. Deshalb können keine allgemeingültigen Rückschlüsse auf die individuelle Lernwirksamkeit durch die Qualität des Protokolls geschlossen werden.

Zusammenfassung und Ausblick

In einer Kontrollgruppenstudie mit Pre-,Post- und Follow-up-Messzeitpunkten wurde die Auswirkung der Protokollierfähigkeit auf die Lernwirksamkeit untersucht. Zur Ermittlung der Lernwirksamkeit dient die Punktdifferenz des Fachwissens aus Pre- und Post-Test (residualer Lerngewinn). Beide Gruppen zeigen einen Lernzuwachs. Die Probanden der Experimentalgruppe lernen jedoch tendenziell mehr als diejenigen, die keine Protokolle angefertigt haben. Das Bewertungssystem zur Protokollierfähigkeit macht es möglich, zusätzlich die Qualität der Protokolle zu bestimmen und mit der Lernwirksamkeit in Beziehung zu setzen. Es kann jedoch im Rahmen dieser Studie kein Zusammenhang zwischen Lernwirksamkeit und Protokollqualität aufgezeigt werden. Für die Unterrichtspraxis wird aufgrund der Ergebnisse empfohlen, ein eigenständiges Erstellen der Protokolle und die Nachbesprechung selbiger zu gewährleisten, um somit die Lernwirksamkeit durch Protokolle zu erhöhen. Es sind Längsschnittuntersuchungen geplant, um eine Validierung und Entwicklung des Konstrukts „Protokollierfähigkeit“ aufzuzeigen.

Literatur

Emden, M., Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung - Zur Eignung einer Protokollmethode für die Bewertung von Experimentierprozessen. Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht, 65 (2), 68-75

Engl, L., Schumacher, S., Sitter, K., Größler, M., Niehaus, E., Rasch, R., Roth, J., Risch, B. (angenommen). Entwicklung eines Messinstrumentes zur Erfassung der Protokollierfähigkeit – initiiert durch Video-Items. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften

Wellnitz, N., Fischer, H., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H., Sumfleth, E., Walpuski, M. (2012): Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,18, 261-291

Elina Platova Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Optimierung und Evaluation eines Laborpraktikums

Zielsetzung
Ziel der vorliegenden Studie ist es, ein Anfängerpraktikum in Allgemeiner Chemie zu optimieren, um die Studierenden zu einer Reflexion über die durchzuführenden Experimente anzuregen. Im Rahmen des Promotionsvorhabens wird im Hinblick auf die Lernziele des Praktikums der Grad an kognitiver Aktivierung erhöht, damit der Lernerfolg in Bezug auf das Fachwissen, Methodenwissen und Interesse gesteigert wird.

Theoretischer Hintergrund
Heutzutage gehören Laborpraktika neben Vorlesungen und Seminaren zu den wichtigsten Lehrmethoden in der naturwissenschaftlichen Bildung (Reid & Shah, 2005). Beim Experimentieren können Studierende das theoretisch erworbene Wissen praktisch nachvollziehen und somit vertiefen, experimentelle Fertigkeiten erwerben sowie die Planung und Durchführung von Experimenten erlernen. Die grundlegende Eigenschaft des Experimentierens liegt in der Vermittlung zwischen der Domäne der Objekte und Beobachtungen und der Domäne der Vorstellungen (Abrahams & Millar, 2008). Während der Experimentierphasen können Lernende auf zwei Ebenen produktiv sein, nämlich auf der Handlungsebene und auf der Verständnisebene (Abrahams & Millar, 2008). Für eine erfolgreiche Durchführung von Experimenten müssen sie über verschiedene Fähigkeiten auf beiden Ebenen verfügen. Dabei gehören zur Handlungsebene manuelle Fähigkeit und die Beobachtungsfähigkeit und zur Verständnisebene die Interpretationsfähigkeit und Planungsfähigkeit (Johnstone & Al-Shuaili, 2001).
Eine Analyse von Praktikumsskripten zeigte, dass der Großteil von Experimentieranleitungen eher "kochbuchartig" angelegt ist und dementsprechend niedrige kognitive Prozesse anspricht (Domin, 1999). Daraus resultiert ein wesentlicher Kritikpunkt an vielen Anfängerpraktika, da die Lernenden beim kochbuchartigen Abarbeiten von Versuchsvorschriften ausschließlich auf einen Effekt hinarbeiten und keine gedankliche Eigenleistung für die erfolgreiche Bewältigung des Experiments erbringen (Eilks & Byers, 2010). Auf dem Gebiet der Schulforschung wurden die Forschungsergebnisse zu experimentellen Arbeitsweisen in zunehmendem Maß rezipiert und antizipiert, wohingegen die universitäre Ausbildung weitere Maßnahmen zur Förderung von Studierenden benötigt (Eilks & Byers, 2010).
Im Rahmen dieses Promotionsvorhabens soll die Implementierung der kognitiven Aktivierung im Praktikumsskript die Studierenden zu einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lernstoff des Praktikums anregen. Kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten fördern den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses, welches durch die Vernetzung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten charakterisiert ist. Auf diese Weise aufgebaute Konzepte stellen grundlegende Werkzeuge für Problemlöseprozesse und zur Anwendung des erworbenen Wissens in neuen Situationen dar (Kunter et al., 2005). Des Weiteren soll kognitive Aktivierung, neben dem direkten Effekt auf den Lernzuwachs, die Motivation und das Interesse der Lernenden an den Lerninhalten und Lehrveranstaltungen fördern (Clausen, 2002).

Fragestellungen
Aus den oben beschriebenen Problemen im Umfeld der Laborpraktika ergeben sich folgende Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1: Kann der Erfolg des Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung erhöht werden?
Forschungsfrage 2: Werden die manuellen Fertigkeiten durch ein kognitiv aktivierendes Praktikum genauso gut erlernt wie im „klassischen“ Praktikum?

Methode
Die Untersuchung ist in einem Kontrollgruppen-Design aufgebaut. Auf Grundlage der Lernziele des Praktikums und den Forschungsergebnissen zur wirksamen Gestaltung von Laborpraktika wurde ein überarbeitetes Praktikumsskript erstellt. Während die Studierenden in der Kontrollgruppe das traditionelle Praktikum bearbeiten, absolvieren die Studierenden der Interventionsgruppe stattdessen das überarbeitete Praktikum. Dabei bieten die beiden Praktikumsformen die identische Lernzeit und verfolgen die gleichen Lernziele. Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des optimierten Praktikums wurden Testinstrumente zum Fachwissen, zu laborpraktischen Fähigkeiten und zum Wissen über Experimentierstrategien im Pre-Post-Design zu Beginn und zum Ende des Praktikums eingesetzt. Zusätzlich wurden Interessensdaten erhoben. Die Hauptstudie erfolgte im WS 2013/14 an der Universität Duisburg-Essen. Da sich im WS 2013/14 sehr wenige Studierende eingeschrieben hatten, wurde in der Hauptstudie ausschließlich Intervention durchgeführt (N = 31). Die Kontrollgruppe wurde aus der Pilotstudie herangezogen (N = 22).

Ausgewählte Ergebnisse
Zunächst wurde der Lernzuwachs der gesamten Stichprobe im Fachwissen mittels eines t-Tests für gepaarte Stichproben kontrolliert. Dieser fällt für die gesamte Stichprobe signifikant aus ($t(53) = 5.53$, $p < .001$). Die ermittelte Effektstärke liegt im hohen Bereich ($\eta^2 = .37$). Des Weiteren wurde der Lernzuwachs der gesamten Stichprobe in Bezug auf Lab Skills mittels eines t-Tests für gepaarte Stichproben kontrolliert. Die Ergebnisse des t-Tests ergeben einen signifikanten Lernzuwachs zwischen Pretest und Posttest ($t(53) = 12.39$, $p < .001$). Die ermittelte Effektstärke liegt im hohen Bereich ($\eta^2 = .75$). In einem weiteren Schritt wurde überprüft, ob sich zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe signifikante Unterschiede im Lernzuwachs ergeben.

Tab. 1: Vergleich Kontroll- und Interventionsgruppe (Fachwissen)

Gruppe	M	SD	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
			Untere	Obere			
KG	.58	.71	- .44	.39	.13	51	> .05
IG	.55	.77					

In Tab. 1 sind die Ergebnisse des Vergleichs der Kontroll- und Interventionsgruppe bezüglich des Lernzuwachses im Fachwissen dargestellt. Es lässt sich feststellen, dass die Mittelwerte der Kontrollgruppe (KG) und der Interventionsgruppe (IG) nicht signifikant voneinander abweichen. Durch den t-Test für unabhängige Stichproben wurde geprüft, ob die Interventions- und Kontrollgruppe sich hinsichtlich der Lab Skills unterscheiden. Die folgende Tabelle (Tab. 2) zeigt die Ergebnisse des Vergleichs der Kontroll- und Interventionsgruppe.

Tab. 2: Vergleich Kontroll- und Interventionsgruppe (Lab Skills)

Gruppe	M	SD	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
			Untere	Obere			
KG	1.22	.91	- .42	.37	.13	51	> .05
IG	1.19	.54					

Es lässt sich festhalten, dass sich die Mittelwerte der Kontrollgruppe (KG) und der Interventionsgruppe (IG) nicht signifikant unterscheiden.

Diskussion

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Effekt der Interventionsmaßnahme auf den Lernerfolg zu gering oder nicht vorhanden ist und daher nicht erfasst werden kann. Möglicherweise findet die Interventionsmaßnahme bei den Studierenden nicht ausreichend Beachtung und müsste aus diesem Grund verstärkt werden. Im kommenden Wintersemester 2014/15 findet eine erneute Datenerhebung statt, wobei zusätzlich qualitative Daten, wie Aufzeichnungen von Studierenden im Laborjournal, gesammelt werden. Dies soll weitere Hinweise auf das Ausmaß der kognitiven Aktivierung liefern.

Literatur

Reid N., Shah, I. (2005). The role of laboratory work in university chemistry, Chemistry Education Research and Practice, 8 (2), 172-185.

Abrahams I., Millar R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science, International Journal of Science Education, 30, 1945–1969.

Johnstone A.H., Al-Shuaili A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature, University Chemistry Education, 5, 42-51.

Domin S. D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles, Journal of Chemical Education, 4, 543-547.

Venkatachelam C., Rudolph R. W. (1974). Cookbook versus creative chemistry: A new approach to research-oriented general chemistry laboratory, Journal of Chemical Education, 52 (7).

Kirschner P.A., Meester M.A.M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives, Higher Education, 17, 81-98.

Eilks I., Byers B. (2010). The need for innovative methods of teaching and learning chemistry in higher education – reflections from a project of the European Chemistry Thematic Network, Chemistry Education Research and Practice,11, 233–240.

Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Klusmann, U., Krauss, S., Blum, W., Jordan, A., Neubrand, M. (2005). Der Mathematikunterricht der PISA-Schülerinnen und Schüler. Schulformunterschiede in der Unterrichtsqualität. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 8(4), 502-520.

Clausen, M. (2002) Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster: Waxmann.

Ines Lammertz RWTH Aachen
Heidrun Heinke

Learn to write und Peer-Feedback im Physikpraktikum

Einführung

„Engineers who don't write well end up working for engineers who do write well." (Poe, Lerner & Craig, 2010). Dieses Zitat von Poe et al. ist eines von vielen, das die Bedeutung des wissenschaftlichen Schreibens für angehende Ingenieure und Naturwissenschaftler betont. Auch Lehrende (Welzel et al., 1998), Akkreditierungsräte (2005) oder VDI (2007) fordern die Fähigkeit zur schriftlichen Präsentation und Interpretation von Daten zunehmend als Kompetenz, die in einem naturwissenschaftlich-technischen Studium erworben werden soll. Daher beschäftigt beispielsweise das Massachusetts Institute of Technology 45 Voll- und Teilzeitkräfte für sogenannte kommunikationsintensive Kurse, in denen die Studierenden das wissenschaftliche Reden und Schreiben trainieren können (Poe, Lerner & Craig, 2010).
Auch im wöchentlich stattfindenden physikalischen Praktikum an der RWTH Aachen haben Studierende die Gelegenheit, die schriftliche Präsentation experimenteller Ergebnisse durch das Erstellen von Versuchsberichten zu üben. Untersuchungen im SS 2013 zeigen jedoch, dass die Studierenden die Versuchsberichte nicht als Übungsmöglichkeit für das wissenschaftliche Schreiben erkennen oder nutzen. So geben 69 % von 158 Befragten aus fünf verschiedenen Studiengängen am Ende des Praktikums an, dass sie das Schreiben wissenschaftlicher Texte im Studium noch nicht erlernt hätten, obwohl die Studierenden zu diesem Zeitpunkt bereits acht Versuchsberichte verfasst und Feedback dazu erhalten hatten. Befragungen im WS 2013/14 und im SS 2014 zeigen mit Zustimmungen von 73 % (Studierende des Werkstoffingenieurwesens, N=85) bzw. 87 % (Studierende der Chemie, N=118) aber, dass die Studierenden das wissenschaftliche Schreiben lernen möchten.

Forschungsfragen, Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Aufgrund der zuvor dargelegten Problematik wurde ein learn-to-write Projekt initiiert, in dessen Fokus selbstverfasste Kurzveröffentlichungen der Studierenden stehen. Für die Studierenden im Physikpraktikum wird im Zuge des Projekts einer der acht im Praktikumsverlauf anzufertigenden Versuchsberichte durch eine Kurzveröffentlichung im Stile eines zwei- bis dreiseitigen wissenschaftlichen „Papers" ersetzt, das, ebenso wie die Versuchsberichte, in Partnerarbeit erstellt wird. Das neue Format soll helfen, die von den Studierenden wahrgenommene Kluft zwischen dem wissenschaftlichen Schreiben und den Anforderungen im Physikpraktikum zu überbrücken. Jedes zweier-Team von Studierenden darf zur Steigerung der Motivation im Sinne der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) den Schwerpunkt und damit das Thema seiner Kurzveröffentlichung selbst wählen.
Untersuchungen zeigen, dass Peer-Feedback Lernprozesse unterstützen kann (Jahin, 2012) und die Studierenden die Hinweise ihrer Kommilitonen als ähnlich hilfreich empfinden wie die Kommentare von Lehrenden (Cho, Schunn & Charney, 2006). Daher wird das Projekt durch eine Peer-Feedbackintervention ergänzt. Hierbei lesen und korrigieren die Studierenden einer Praktikumsgruppe ihre Kurzveröffentlichungen gegenseitig und diskutieren diese anschließend gemeinsam.
Die in physikalischen Praktika übliche Aufteilung in Kleingruppen (an der RWTH Aachen typischerweise acht Personen) bietet einen guten Rahmen, um in den Praktika neben physikalischen Kenntnissen auch methodische Fertigkeiten wie das wissenschaftliche Schreiben zu vermitteln. Ziel des learn-to-write Projektes ist die Vermittlung von Grundlagen wissenschaftlichen Schreibens und eine Verbesserung der Wahrnehmung für die

Qualität wissenschaftlicher Texte seitens der Studierenden. Da die Themenwahl den Studierenden im Rahmen des Versuches aus motivationalen Gründen freigestellt wird, unterscheiden sich die inhaltlichen Schwerpunkte der einzelnen Kurzveröffentlichungen. Eine Untersuchung des Wissenszuwachses ist daher nicht möglich. Es kann aber untersucht werden, inwiefern das Schreiben der Kurzveröffentlichungen und das Peer-Feedback hierzu die Wahrnehmung für die Qualität wissenschaftlicher Texte beeinflussen. Dies liefert die beiden Forschungsfragen für die im WS 2014/15 stattfindende Hauptstudie:
FF1: Beeinflusst das Schreiben von Kurzveröffentlichungen die Fähigkeit von Studierenden wissenschaftliche Texte kritisch zu beurteilen?
FF2: Beeinflusst Peer-Feedback zu Kurzveröffentlichungen die Fähigkeit von Studierenden wissenschaftliche Texte kritisch zu beurteilen?

In der Untersuchung wird das in Abbildung 1 gezeigte Design verwendet.

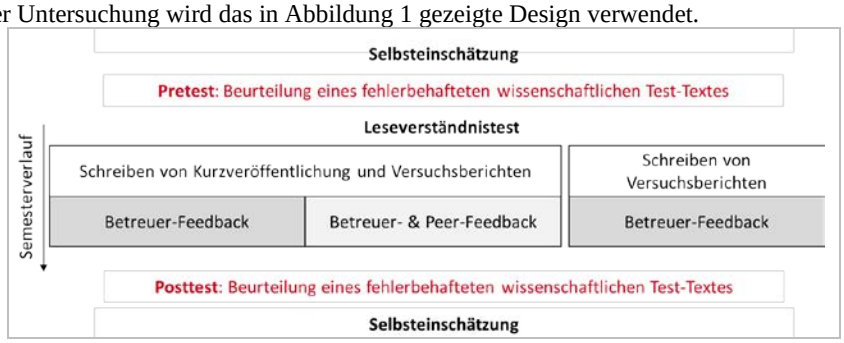


Abb. 1: Studiendesign zur Untersuchung des Einflusses von Kurzveröffentlichungen und Peer-Feedback auf die Fähigkeit von Studierenden, die Qualität wissenschaftlicher Texte zu beurteilen. Das Haupttestinstrument ist rot hervorgehoben.

An der Hauptstudie werden etwa 100 Studierende der Chemie, aufgeteilt auf zwei Treatmentgruppen und eine Kontrollgruppe, teilnehmen. Bei dieser Feldstudie sind aufgrund der Praktikumsstruktur sowohl die Probanden als auch der zeitliche Rahmen vorgegeben. Dabei wirkt sich die Tatsache, dass das Praktikum einem Jahresrhythmus unterliegt, insofern auf die Entwicklung von Erhebungsinstrumenten aus, als dass Pilotierung und Hauptstudie in unterschiedlichen Studiengängen durchgeführt werden. Zur Untersuchung der vorgestellten Forschungsfragen wurden unter diesen Rahmenbedingungen drei Erhebungsinstrumente entwickelt. Dazu wurden die Kurzveröffentlichungen von Chemie-Studierenden im WS 2013/14 im Hinblick auf Fehler untersucht, die diesen Studierenden beim wissenschaftlichen Schreiben häufig unterlaufen. Darauf basierend wurde das Haupttestinstrument in Form von zwei sogenannten Test-Texten zur Thematik des freien Falls entwickelt. In die Texte wurden jeweils 30 dieser typischen Fehler eingebaut. Die Aufgabe der Studierenden besteht darin diese Fehler zu finden. Sie erhalten in einem Pre-Post-Design jeweils einen Test-Text am Beginn und einen am Ende des Praktikums. Es wird vermutet, dass sich das Schreiben von Kurzveröffentlichungen, vor allem aber das Schreiben der Kurzveröffentlichungen in Kombination mit dem Peer-Feedback, positiv auf die Zahl der Fehler auswirken wird, die von den Studierenden in den Texten gefunden wird.
Neben den Test-Texten wurde ein Fragebogen zur Erhebung der Selbsteinschätzung der Studierenden im Hinblick auf wissenschaftliches Schreiben, Schreiben allgemein, Lesen wissenschaftlicher Texte sowie Physik entwickelt. Ebenso wie die Test-Texte wird der Fragebogen von den Studierenden am Beginn und am Ende des Praktikums ausgefüllt. Beide Erhebungsinstrumente wurden im WS 2013/14 und im SS 2014 pilotiert. Um vergleichbare Bedingungen zwischen den Untersuchungsgruppen sicherstellen zu können werden die Chemie-Studierenden zusätzlich einem Leseverständnistest unterzogen. Dieser Test wurde in

Anlehnung an Mashkovskaya (2013) adressatenspezifisch konzipiert. Er besteht aus C-Tests mit Wortanfangstilgung. Eine erste Pilotierung fand im SS 2014 statt. Sowohl die Test-Texte als auch der Leseverständnistest wurden für eine Bearbeitungsdauer von 20 Minuten konzipiert und können so problemlos in den Praktikumsablauf integriert werden. Für den Fragebogen ist eine Bearbeitungszeit von etwa zehn Minuten vorgesehen.

Erste Ergebnisse

Nach der erfolgreichen Einführung von Kurzveröffentlichungen im Physikpraktikum für Chemie-Studierende im WS 2013/14 (N=118) wurde im SS 2014 erstmals die Kombination von Kurzveröffentlichungen (KV) und Peer-Feedback (P) im Praktikum der angehenden Werkstoffingenieure getestet (KV+P: N=23, nur KV: N=62). Bisher konnte festgestellt werden, dass sich die Selbsteinschätzung der Studierenden, die an der Peer-Feedbackintervention teilgenommen haben, signifikant verbessert hat. So bewerten diese Studierenden ihre Fähigkeit, wissenschaftliche Texte zu verfassen, in der Post-Befragung deutlich positiver als am Beginn des Praktikums (N=20; T(19)=3,040; p=0,007; Cohens d=0,81). Bei den Studierenden, die Kurzveröffentlichungen geschrieben, aber nicht am Peer-Feedback teilgenommen haben, ist dieser Effekt nicht feststellbar. Bei der Selbsteinschätzung hinsichtlich der Fähigkeit zur Beurteilung der Textqualität ist allerdings bei beiden Gruppen eine signifikante Zunahme zu verzeichnen (KV+P: N=22; T(21)=3,166; p=0,004; Cohens d=0,66 │nur KV: N=31; T(30)=2,618; p=0,014; Cohens d=0,64).

Beim Test der Test-Texte im Studiengang Werkstoffingenieurwesen im SS 2014 konnte im Pre-Post-Vergleich ein signifikanter Punktezuwachs bei den Studierenden, die eine Kurzveröffentlichung verfasst hatten, festgestellt werden (N=37; T(36)=-2,480; p=0,018; Cohens d=0,57). Dabei wurden die Ergebnisse aller Personen gewertet, die sowohl am Pre- als auch am Posttest teilgenommen haben. Das steht unter dem Vorbehalt, dass sich bei diesem Einsatz der Test-Texte herausstellte, dass einige Items in den beiden Texten nicht gleich schwer waren. Mit diesen Erkenntnissen wurden die Test-Texte erneut überarbeitet und können nun in der Hauptstudie eingesetzt werden.

Ausblick

Die Hauptstudie startet mit dem Beginn des WS 2014/15. Für das SS 2015 ist eine follow-up Studie zur Untersuchung eines möglichen Langzeiteffekts des Treatments vorgesehen.

Literatur

Akkreditierungsrat (2005): Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse vom 15.02.2005. <http://www.akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/KMK/Vorgaben/KMK_Qualifikationsrahmen_aktuell.pdf> abgerufen am 08.04.2014

Cho, K.; Schunn, C.; Charney, D. (2006): Commenting on Writing: Typology and Perceived Helpfulness of Comments from Novice Peer Reviewers and Subject Matter Experts. Written Communication, 23(3), 206-294

Deci, E.; Ryan, R. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238

Jahin, J. (2012): The Effect of Peer Reviewing on Writing Apprehension and Essay Writing Ability of Prospective EFL Teachers. In: Australian Journal of Teacher Education, 37(11), 60-84

Mashkovskaya, A. (2013): Der C-Test als Lesetest bei Muttersprachlern. Diss. Duisburg Essen. <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=32859> abgerufen am 11.09.2014

Poe, M.; Lerner, N.; Craig, J. (2010): Learning to Communicate in Science and Engineering. Case Studies from MIT. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2007): Grundsätze für Ausbildungsergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge von 05.2007. <http://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/bildung_dateien/Grundsaetze_fuer_Ausbildungsergebnisse.pdf> abgerufen am 03.02.2014

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

Inka Haak Universität Paderborn
Peter Reinhold

Physikstudierende individuell fördern – Evaluation eines Lernzentrums

Ausgangslage und Zielsetzung

In den Naturwissenschaften brechen viele Studierende ihr Studium bereits vor Vollendung des ersten Studienjahres ab. Die reine Abbruchquote über den Zeitraum des ganzen Studiums ist überdurchschnittlich hoch, mit steigender Tendenz (vgl. Matzdorf und Düchs, 2014). Fachgruppenspezifische Studien zeigen verschiedene Ursachen auf: So nennen Heublein et al. (2010, S. 22ff.) z. B. Leistungsprobleme wie zu hohe Studienanforderungen und zu viel Studien- und Prüfungsstoff als Hauptabbruchgrund. Weiterhin spielt auch die Wahrnehmung der Unterstützung bei Lern- und Arbeitsschwierigkeiten eine Rolle (Albrecht, 2011, S. 84). Diesen und weiteren Bedingungsfaktoren wird ein großer Effekt in Zusammenhang mit der Senkung des Abbruchrisikos zugesagt (vgl. Albrecht, 2011, S. 102). Entsprechend werden in der hier vorgestellten Studie nach einem Design-Based-Research-Ansatz (vgl. The Design-Based Research Collective, 2003, S. 5ff.) Maßnahmen, die auf diese Bedingungsfaktoren zielen, (weiter-)entwickelt und auf deren Effekt hin untersucht. Ziel ist es, das Studier- und Lernverhalten positiv zu beeinflussen und somit den Studienerfolg zu erhöhen.

Einordnung des Interventionsdesigns

Als Grundlage für die theoretische Einordnung der Maßnahmen in einen Wirkzusammenhang dient das allgemeine theoretische Modell des Studienerfolgs (z. B. Thiel et al., 2008). Dieses Modell wurde gegenüber Haak & Reinhold (2014) um den Faktor *Motivation* im Konstrukt *Studier- und Lernverhalten* ergänzt. Zusätzlich wird zur *Studienzufriedenheit* auch das *akademische Selbstkonzept* analysiert.

Beschreibung einer Maßnahme: Das Peer-Tutorium

Peer-Tutorien begleiten erfahrungsgemäß schwierige Veranstaltungen des Physikstudiums (Mathematik und Theoretische Physik). Diese werden wöchentlich und semesterbegleitend von Studierenden höheren Semesters gehalten, welche in einer Tutorenschulung ausgebildet wurden. In einem Tutorium werden in jeder Sitzung zunächst vom Tutor oder von der Tutorin in einer ersten Phase Fragen zum aktuellen Stoff gemeinsam beantwortet und wichtige Inhalte herausgearbeitet. In der zweiten Phase haben die Studierenden Gelegenheit, selbstständig zu üben. Der Tutor hilft nach dem Prinzip der kleinsten Hilfe (vgl. Zech, 1995, S. 98). Somit unterscheidet sich ein Tutorium als freiwilliges Unterstützungsangebot stark von den curricular verankerten Übungen. In diesen werden die wöchentlich zu erledigenden Problemlöseaufgaben meist von Studierenden vorgerechnet, um zur Klausur zugelassen zu werden. Das Ziel des Tutoriums ist es, alle Facetten des *Studier- und Lernverhaltens* zu beeinflussen und somit insgesamt den *Studienerfolg* zu erhöhen. Diese Zielsetzung (sowie die weiterer Maßnahmen) soll mit dem folgenden Untersuchungsdesign überprüft werden.

Untersuchungsdesign

Die Grundlage des Untersuchungsdesigns ist ein Design-Based Research-Ansatz (The Design-Based Research Collective, 2003, S. 5ff.). Dieser ermöglicht es, unter realen Bedingungen Maßnahmen zu entwickeln, zu evaluieren und in mehreren Zyklen weiterzuentwickeln.

Die konkrete Evaluation erfolgt mit einem Mixed-Methods-Ansatz: Papier-und Bleistift-Tests messen das *Studier- und Lernverhalten* sowie den *Studienerfolgs* am Anfang (t1) und Ende des Semesters (t2). Die Skalen wurden alle mit Selbsteinschätzungsitems auf einer Likertskala von 1 bis 4 erfasst. Es handelt sich hierbei um eine Vollerhebung aller Erstsemester und zusätzlich der Nutzer des Peer-Tutoriums „Theoretische Physik für das Lehramt“. Der Fragebogen ist in Anlehnung an Albrecht (2011) konzipiert, der sich wiederum auf Thiel et al. (2008) und Schiefele et al. (2002) bezieht. Während des Semesters werden mit leitfragengestützten Interviews zusätzlich Auskünfte über die Rezeption und Nutzung des Physiktreffs erhoben.
Insgesamt sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:
- Wie lässt sich das Studier- und Lernverhalten der gesamten Stichprobe beschreiben? (F1)
- Wie hoch ist der Studienerfolg der Stichprobe? (F2)
- Wie erklären Studierende ihr Nutzungsverhalten der angebotenen Maßnahmen? (F3)

Ergebnisse der Pilotstudie
Zu Forschungsfrage F1: Die Skalen des *Studier- und Lernverhaltens* sind zum Zeitpunkt t1 bis auf eine Ausnahme (*Zeitmanagement* mit Mittelwert von 1.97, SD: .80). normalverteilt mit Mittelwerten um 2.7 – die Studierenden schätzen ihr *Studier- und Lernverhalten* also als eher positiv ein (vgl. Haak und Reinhold, eingereicht). Diese Ergebnisse sind in der Größenordnung vergleichbar mit anderen Studien (z. B. Schiefele et al., 2002).
Signifikante Unterschiede zwischen Weiterstudierenden (Teilnahme am Prä- t1 und Posttest t2) und Studienabbrechern (Teilnahme nur t1) gibt es nicht. In der Gruppe der Weiterstudierenden lassen sich zu t1 ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen Teilnehmern am Tutorium und Personen, die daran nicht oder nur selten teilgenommen haben, feststellen. Die Maßnahmen scheinen also alle betrachteten Lerntypen anzusprechen. Allerdings gibt es statistisch auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Nutzern im *Studier- und Lernverhalten* nach der Maßnahmennutzung (t2). Betrachtet man im Prä-Post-Vergleich Nicht-Teilnehmer, so weisen diese in mehreren Kategorien signifikant negative Entwicklungen aus. Bei Teilnehmern sind die Entwicklungen meist positiv, jedoch nicht signifikant (vgl. Haak und Reinhold, eingereicht). Aufgrund der Ergebnisse der quantitativen Teilstudie kann deshalb nur vermutet werden, dass der Besuch eines Tutoriums das Studier- und Lernverhalten leicht positiv beeinflusst. Auch in der qualitativen Teilstudie konnten bisher noch keine positiven Effekte auf das Studier- und Lernverhalten nachgewiesen werden, es zeigen sich jedoch deutliche Veränderungen beim Vergleich von Studierenden höheren Semesters und Studienanfängern. Studierende höheren Semesters verfügen alle über ähnliche Lernstrategien: Personen erledigen Aufgaben gezielter und bearbeiten Übungszettel nicht linear. Außerdem beschreibt keiner dieser Studierenden, alleine zu lernen oder sich alleine auf Prüfungen vorzubereiten. Des Weiteren werden auch keine Zeitprobleme (verstärktes Lernen spät abends oder am Wochenende) beschrieben. Dieses soll nun in der quantitativen Follow-Up Erhebung der ersten Kohorte noch einmal überprüft werden.

Nun zu den bisherigen Ergebnissen zu Forschungsfrage F2: Betrachtet man das Konstrukt *Studienerfolg,* ergibt sich, dass die *Studienzufriedenheit* mit einem Mittelwert von 3.24 (SD: .59) recht hoch ist. Das *Selbstkonzept* ist am Ende des Semesters mit einem Mittelwert von 3.12 (SD: .59) nahezu normalverteilt. Über das Semester hat es sich im Mittel nicht verändert. Bezüglich des Fachwissens zeigt sich, dass dieses bei Tutoriennutzern stärker steigt als bei Nicht-Nutzern. Im Gegensatz zur quantitativen Teilstudie zeigen sich bei der Auswertung der Interviews mit einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (nach Kuckartz, 2012 bzw. Mayring & Brunner, 2010) positive Effekte der Tutorien auf den *Studienerfolg*. Alle befragten Studierenden, die ein Tutorium besucht haben, beschreiben

eine Steigerung des Verständnisses. Aber auch das *akademische Selbstkonzept* und die Studienzufriedenheit scheinen positiv beeinflusst, wie folgendes Zitat zeigt: *„Im Tutorium ist es halt ganz anders gelaufen, weil man halt wirklich Fehler machen konnte. […] und die anderen haben einem da eigentlich geholfen“* (22TA11NOO, 54).

Diese Ergebnisse liefern auch erste Hinweise zu Forschungsfrage F3: Die Studierenden nutzen die Tutorien, um mehr als in der Vorlesung zu verstehen. Auch der Rat von Mitstudierenden wird als Grund genannt. Aber auch eine Art Selbsttäuschungsverhalten konnte gefunden werden: *„zu Hause [ist] meine Motivation [...] weniger groß. Deswegen hab ich mir gedacht, dass ich dann wenigstens da hingehen kann“* (18MA03LIE, 114-115). Die Gründe für die Nicht-Nutzung sind vielfältiger. So nennen einige Studierende fehlende Grundlagen, um dem Tutorium und der Veranstaltung entsprechend folgen zu können, den ungünstigen Zeitpunkt, fehlendes Wissen über diese Veranstaltung und eine nicht ausdifferenzierte oder begründete Ablehnung.

Ausblick

Die hier beschriebene Maßnahme des Peer-Tutoriums als optionales Lernangebot soll nach dem Studienerfolgsmodell positive Einflüsse auf Studier- und Lernverhalten sowie den Studienerfolg haben. Mithilfe eines Paper-and-Pencil-Tests konnten diese in einer Pilotstudie nicht nachgewiesen werden. Positive Effekte auf einige Facetten des *Studienerfolgs* deuten sich aber in einer parallelen Interviewstudie an.

Dem Design-Based-Research-Ansatz folgend werden angepassten Maßnahmen mit ebenfalls angepassten Testinstrumenten im Wintersemester 2014/2015 erneut evaluiert. Vertieft sollen hier die Komponenten eines sozialen Lernens aufgegriffen werden.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Berlin 2011. Online verfügbar unter: edocs.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf?hosts= (11.07.2014)

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. In HIS: Forum Hochschule 2, 2010. Hannover: Hochschul-Informations-System. Online verfügbar unter: www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201002.pdf (11.07.2014)

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel. Beltz Juventa

Mayring, P. & Brunner, E. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Freibertshäuser, Barbara; Langer, Antje; Prengel, Annedore (Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. 3. Auflage. Weinheim und München 2010. S. 323-333

Matzdorf, R. & Düchs, G. (2014). Stabilisierung auf hohem Niveau – Statistiken zum Physikstudium an Universitäten in Deutschland 2014. In PhysikJournal 13 (2014) Nr. 8/9. S. 23-28. Online verfügbar unter: www.kfp-physik.de/statistik/physikstudium_2014.pdf (08.09.2014)

Schiefele, U., Moschner, B. & Husstegge, R. (2002). Skalenhandbuch SMILE-Projekt. Unveröffentlichtes manuskript. Universität Bielefeld, Abteilung für Psychologie

The Design-Based Research Collective (2003). An Emerging Paradigm for Educational Enquiry. In Educational Researcher 32 (2003), S. 5-8. Online verfügbar unter: http://www.jstor.org/stable/3699927 (14.03.2014)

Thiel, F., Veit, S.; Blüthmann, I., Lepa, S. & Ficzko, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008. Online verfügbar unter: http://www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf [11.07.2014]

Ingo Brebeck Universität Duisburg-Essen
Elke Sumfleth

Selbstreguliertes Lernen zu Beginn des Chemiestudiums

Theoretischer Hintergrund

Studienabbrüche sind an deutschen Universitäten ein weit verbreitetes Problem. Unter Studienabbrechenden versteht man diejenigen Studierenden, die ein Erststudium an einer Hochschule aufnehmen und diese dann ohne einen Abschluss wieder verlassen (Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). In Deutschland brechen 43 % aller Studierenden im Fach Chemie ihr Studium ab (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012). Der häufigste Grund für Studierende dieses Studienfaches sind mit 33 % Leistungsprobleme (Heublein, Schmelzer & Sommer, 2008). Verschiedene Prädiktoren für den Studienerfolg konnten bereits bestimmt werden. So zeigte beispielsweise eine Studie von Freyer (2013) an vier verschiedenen deutschen Universitäten, dass die Abiturgesamtnote, das Vorwissen und das Studium im Wunschstudiengang signifikante Prädiktoren für den Studienerfolg darstellen.

Ein im Hinblick auf den Studienerfolg bisher wenig untersuchter Faktor ist das selbstregulierte Lernen (SRL), für dessen Wirksamkeit es aber Hinweise gibt (z. B. Hattie, 2009). SRL kann, als Prozess betrachtet, in drei Phasen unterteilt werden: in eine präaktionale, in der der Lernvorgang geplant, eine aktionale, in der er durchgeführt, und eine postaktionale Phase, in der er reflektiert wird. Dieses lernstrategische Vorgehen kann trainiert werden, wobei das Training besonders effektiv ist, wenn es wenige Strategien umfasst, die anhand eines bestimmten Fachinhaltes trainiert werden (Perels, Landmann & Schmitz, 2007).

Die häufigste Methode zur Erfassung von Lernstrategien sind Fragebögen, da diese eine hohe Ökonomie und zumeist gute Testkennwerte aufweisen (Spörer & Brunstein, 2006). Die Ergebnisse dieser Selbstberichtsmethoden korrelieren jedoch häufig nicht mit dem Lernerfolg (z. B. Artelt, 2000). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass Lernende keine Aussage darüber treffen können, wie sie *allgemein* lernen. Tatsächlich konnte Leopold (2009) zeigen, dass mit einem Fragebogen, dessen Items sich auf eine bestimmte Lernsituation bezogen („handlungsnah“), der Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern vorausgesagt werden konnte.

Ziele

Mittels dieser Studie soll der Einfluss von SRL auf den Lernerfolg von Studienanfängerinnen und –anfängern untersucht werden. Dafür wurde ein Fragebogen entwickelt, mit dem der Einsatz von SRL handlungsnah erfasst werden kann. Weiterhin wurde ein SRL-Training für Studierende entwickelt.

Design und Methoden

Zur Verfolgung des Forschungsziels wurde eine Interventionsstudie durchgeführt. Die Probandinnen und Probanden der Studie waren Erstsemesterstudierende des Lehramts Chemie an der Universität Duisburg-Essen ($N_{\text{Pilotstudie}} = 61$; $N_{\text{Hauptstudie}} = 70$). Die Studie fand im Rahmen der Übung zur Allgemeinen Chemie (AllgC) statt, die im ersten Semester liegt. Zeitraum der Studie war das Wintersemester 12/13 (Pilotstudie) und das Wintersemester 13/14 (Hauptstudie). Die Studierenden wurden auf zwei Treatmentgruppen aufgeteilt. Die Kontrollgruppe (srl0) arbeitete in den Übungsgruppen mit traditionell eingesetzten Übungsaufgaben und neu entwickelten Beispielaufgaben zur AllgC. Die Interventionsgruppe (srl+) erhielt dieselben Materialien, zusätzlich allerdings noch ein neu entwickeltes SRL-Training. Inhalte dieses Trainings waren sowohl kognitive (Textmarkieren und Concept-Mapping) als

auch metakognitive Lernstrategien. Die Aufteilung auf die Treatmentgruppen erfolgte zufällig und die Probandinnen und Probanden erhielten nach der freiwilligen Teilnahme an den begleitenden Tests und Fragebögen eine geringe Vergütung.

In einem Pre-Post-Testdesign wurden verschiedene Variablen erhoben (siehe Abb. 1). Der Lernerfolg, das Fachinteresse und die fachbezogene Selbsteinschätzung (jeweils Freyer, 2013) und der Lernstrategieeinsatz (Wild & Schiefele, 1994) wurden zu Beginn und am Ende des Semesters erfasst. Weiterhin wurde zu Beginn des Semesters die Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken als Indikator für die kognitiven Fähigkeiten erhoben (Wilhelm, Schroeders & Schipolowski, 2009). Zudem wurden die Studierenden gefragt, ob sie ihren Wunschstudiengang studieren, wie ihre Abiturgesamtnote lautete und ob sie in der Oberstufe einen Chemiekurs belegt haben. Zur Erfassung von SRL wurde der neu entwickelte Fragebogen *AlCheMiE* (Allgemeine Chemie Metakognitionsinventar Essen) eingesetzt. Dieser enthält elf Items, die bezogen auf für die AllgC-Übung typische Lernsituationen formuliert sind (z. B.: „Ich habe mich vor der Bearbeitung der Übungsaufgaben gefragt, ob ich die Inhalte des Lernmaterials verstanden habe“). Der Fragebogen zeigt über alle Messzeitpunkte eine gute interne Konsistenz für die Gesamtskala ($\alpha > .8$) und eine dreifaktorielle Struktur (Planung, Überwachung, Regulation). Der Fragebogen wurde semesterbegleitend nach jeder zweiten Übungssitzung (insgesamt sechsmal) eingesetzt.

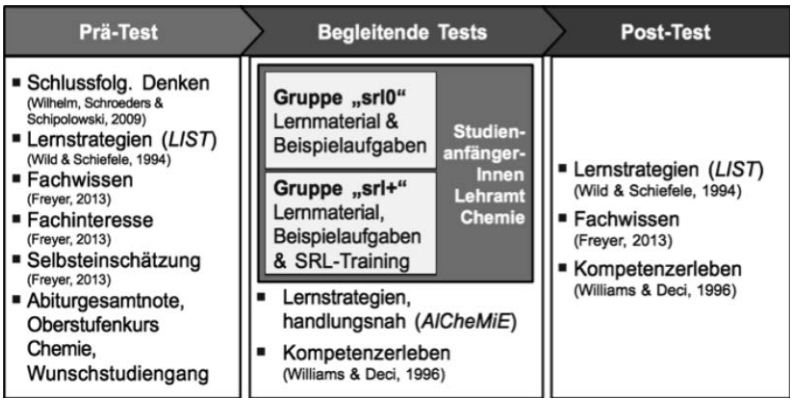


Abb. 1: Design der Studie

Ergebnisse

Die Ergebnisse der *Pilotstudie* bezüglich des *Fachwissens* zeigen, dass die Studierenden über beide Treatmentgruppen hinweg signifikant vom Pretestzeitpunkt zum Posttestzeitpunkt dazulernen ($t(112) = -3.04$; $p = .003$; $d = .57$). Betrachtet man den Lernerfolg (Fachwissen_{post} - Fachwissen_{pre}), so zeigt der Vergleich zwischen den Treatmentgruppen, dass die Interventionsgruppe srl+ mehr dazu lernt ($M = 2.7$; $SD = 3$) als die Kontrollgruppe srl0 ($M = 1.15$; $SD = 2.16$). Der Unterschied der Mittelwerte ist hierbei signifikant mit einer mittleren Effektstärke ($t(55) = 2.31$; $p = .025$; $d = .61$).

Bezüglich des handlungsnahen Berichts von *Lernstrategien*, welcher mittels des AlCheMiE-Fragebogens erfasst wurde, zeigt sich in der Pilotstudie, dass die Angaben beider Gruppen bis einschließlich Sitzung 4 nahe beieinander liegen. Erst mit Sitzung 5 gehen die Angaben der beiden Treatmentgruppen auseinander (siehe Abb. 2).

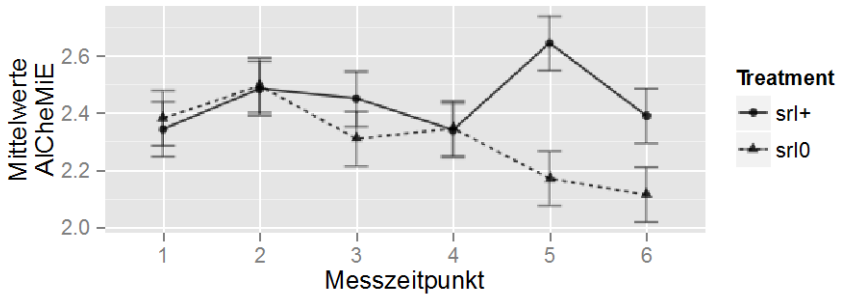


Abb. 2: Mittelwerte des AlCheMiE-Fragebogens getrennt nach Treatments in der Pilotstudie

Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt keinen Haupteffekt des Treatments ($F < 1$), jedoch einen signifikanten Haupteffekt des Messzeitpunktes ($F(3.38, 118.27) = 2.66$; $p = .016$) und einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen Treatment und Messzeitpunkt ($F(3.38,118.27) = 4.37$; $p < .001$; $\eta^2 = 0.02$). *Post hoc*-Analysen zeigten, dass sich die Mittelwerte zu den Messzeitpunkten 5 und 6 zwischen den Gruppen unterschieden.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Studierenden, die das SRL-Training erhalten haben, sowohl einen höheren Lernerfolg, als auch (am Ende des Semesters) einen höheren Lernstrategieeinsatz zeigen.

Literatur

Artelt, C. (2000). Strategisches Lernen (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie) (Volume 18). Münster: Waxmann.

Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Berlin: Logos.

Hattie, J.A.C. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwundund Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010 (HIS:Forum Hochschule). Hannover. Verfügbar unter: www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf [Stand: 26.6.2012].

Heublein, U., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2008). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen: Ergebnisse einer Berechnung des Studienabbruchs auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006 (HIS:Projektbericht). Verfügbar unter: http://www.his.de/pdf/21/his-projektbericht-studienabbruch.pdf [Stand: 26.4.2012].

Leopold, C. (2009). Lernstrategien und Textverstehen: Spontaner Einsatz und Förderung von Lernstrategien (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie) (Volume 76). Münster: Waxmann.

Perels, F., Landmann, M. & Schmitz, B. (2007). Trainingskonzeption und Selbstregulation. In M. Landmann & B. Schmitz (Eds.), Selbstregulation erfolgreich fördern (pp. 19–31). Stuttgart: Kohlhammer.

Spörer, N. & Brunstein, J.C. (2006). Erfassung selbstregulierten Lernens mit Selbstberichtsverfahren: Ein Überblick zum Stand der Forschung. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20 (3), 147–160. doi:10.1024/1010-0652.20.3.147.

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. doi:10.1080/03057267.2010.504549.

Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 15 (4), 185–200. Verfügbar unter: http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2009/3363/ [Stand: 19.1.2012].

Wilhelm, O., Schroeders, U. & Schipolowski, S. (2009). BEFKI: Berliner Test zur Erfassung fluider und kristalliner Intelligenz: Unveröffentlichtes Manuskript

Senar Temel Hacettepe Universität
Sinem Dinçol Özgür
Ayhan Yılmaz

Ein projektbasiertes Lernmodell: Umweltprojekte: Eine Inhaltsanalyse

Einführung

In allen Gebieten der Welt werden Umweltprobleme durch das rasante Steigen der Bevölkerungszahl, die ungeplante Verstädterung, regionale Kriege und Anwendung von Chemikalien wie Kunstdünger zur Erhöhung des Produktertrags immer größer. Umweltprobleme sind zu einer Problematik geworden, womit sich ein großer Teil der Welt beschäftigt. Trotz der ansteigenden Umweltprobleme wird die Bedeutung der Erziehung von bewussten und sensiblen Menschen gegen Umweltprobleme größer und auch die Umweltbildung. Ein Lern- und Lehransatz, der während der Umweltschulung der Lernenden angewendet werden kann, bei dem die Lernenden aktiv beteiligt sind, ist das projektbasierte Lernen (Blumenfeld et al., 1991; Krajcik, Czerniak & Berger, 1999; Thomas, 2000).
Das Ziel dieser Studie ist, die Meinungen und die Gefühle von zukünftigen Lehrern über die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten anhand von Umweltprojekten, die sie mit einem projektbasierten Lernmodell entwickelt haben, zu bearbeiten.

Die Methode

Bei der Studie wurde das qualitative Forschungsdesigns angewandt. (Mayring, 2002; 2007; Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz & Demirel, 2013).

Probanden

Die Studie wurde im Wintersemester des Studiengangs 2013/14 mit 13 Studenten durchgeführt.

Datenerhebung

Das Selbstbewertungsformular, das den Lernenden ermöglicht, ihre während eines Semesters durchgeführten Projektarbeiten zu bewerten, wurde von Mansoor und Moos (1997) entwickelt. Das Selbstbewertungsformular enthält sieben Fragen. Das originale Formular wurde durch Benzer (2010) ins Türkische übersetzt und nach der Zielsetzung der Studie verändert und entwickelt.

Datenanalyse

Bei der Analyse der durch das Selbstbewertungsformular erhaltenen qualitativen Daten wurde ein Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse angewandt. (Mayring 2002; Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz & Demirel, 2013).

Forschungsergebnisse

Frage 1:Welche Fähigkeit hast du während der Durchführung des Projektes entwickelt?		
Kods	**Frequenz**	**Prozent**
Erforschen	8	61.5
Präsentation	5	38.5
Plangemäß arbeiten	2	15.4
Kreative Ideen erfinden	1	7.7

Frage 2: Welche Kenntnis hast du während der Durchführung des Projekts erworben?		
Kods	**Frequenz**	**Prozent**
Nachhaltigkeit/Nachhaltige Entwicklung	3	23
Umweltschutz und individueller Beitrag	3	23
Globalisierung	3	23
Umweltverschmutzung	2	15.4
Reine Produktion	1	7.7
Umweltfreundliche Technologie	1	7.7
Umweltprobleme	1	7.7
Harter Abfall	1	7.7
Recycling	1	7.7
Globaler Klimawandel	1	7.7
Treibhauseffekt	1	7.7
Reine Energie	1	7.7
Energieeinsparung	1	7.7
Erneuerbare Energie	1	7.7
Grüne Produktion (Umweltfreundliche Produktion)	1	7.7
Frage 3: Wie wirst du diese Kenntnis in deinem privaten Leben einsetzen?		
Kods	**Frequenz**	**Prozent**
Die Kenntnisse mit Freunden und der Familie zu teilen	6	46.2
Die Kenntnisse im alltäglichen Leben anwenden	4	30.8
Im Thema Umwelt bewusst sein / Maßnahmen treffen	2	30.8
Den Schülern Projektaufgaben geben	2	15.4
Bewusstsein über Umwelt entwickeln	1	7.7
Dem Thema Umweltverschmutzung Wert beimessen	1	7.7
Bei Energieeinsparung bewusst sein	1	7.7
Frage 4: Was dachtest du vor, während und nach des Projektes? (gut, schlecht, sicher, mutig, nicht schlecht, nervös, ängstig…)		
	Kods	**Frequenz**	**Prozent**
	Schlecht	2	15.4
	Nervös	2	15.4
	Unruhig	1	7.7
	Unbewusst	1	7.7
	Stressig	1	7.7
	Gespannt	1	7.7
	Nicht schlecht	1	7.7
	Neugierig	1	7.7
	Langweilig	1	7.7
	Erschrocken	1	7.7
während	Vertraulich	3	23
	Gut	2	15.4
	Nicht schlecht	2	15.4
	Mutig	2	15.4
	Erforschend	2	15.4
	Hektisch	1	7.7
	Aufgeregt	1	7.7
	Langweilig	1	7.7
	Sicher	1	7.7
Danach	Gut	4	30.8
	Mutig	3	23
	Beruhigt	3	23
	Glücklich	1	7.7
	Gelehrt	1	7.7
	Ausgerüstet	1	7.7
	Sensitiv	1	7.7

	Erfolgreich	1	7.7
	Sehr gut	1	7.7
	Belehrend	1	7.7
	Ausgezeichnet	1	7.7
Frage 5: Findest du das individuelle Arbeiten gut?			
Kods		**Frequenz**	**Prozent**
Ja		11	84.6
Nein		2	15.4
Frage 6: Denkst du, dass du individuell gut arbeiten kannst? Warum?			
	Kods	**Frequenz**	**Prozent**
Ja	Unabhängig sein	1	7.7
	Glücklich arbeiten	1	7.7
	Die eigene Performanz vorzeigen können	1	7.7
	Dass es lustig ist, beim Erforschen zu lernen	1	7.7
	Die Forderungen im Projekt verwirklichen können	1	7.7
Nein	Dass die Gruppenarbeit besser	1	7.7
	Die nötige Zeit nicht leisten können	1	7.7
Frage 7: Was würdest du auf die gleiche Weise und was anders machen, wenn du das gleiche Projekt (oder ein ähnliches Projekt) wiederholen würdest? Warum?			
	Kods	**Frequenz**	**Prozent**
Anders	Mehr visuelle Materialien bei der Präsentation	4	30.8
	Weniger Schriftliches bei der Präsentation	2	15.4
	Mehr aktuelle Beispiele bei der Präsentation	1	7.7
	Mehr Zeit geben	1	7.7
Gleich	Gleichfalls verwirklichen	2	15.4
	Die untergeordneten Ziele wären wieder gleich	1	7.7

Die Schlussfolgerung

Die Lehramtsanwärter zeigten nach dem Umweltprojekt, das sie anhand des projektbasierten Lernmodells vorbereitet haben, verschiedene Meinungen und Fähigkeiten. Zur Erforschung dieser Meinungen und Fähigkeiten wurde anhand der qualitativen Befunde eine Inhaltsanalyse gemacht. Der Effekt des projektbasierten Lernmodells auf Umweltkenntnisse ist bei den Studenten insgesamt größer**.** Die Studenten erhielten nach dem Umweltprojekt verschiedene Meinungen und Fähigkeiten.

Literatur

Benzer, E. (2010). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımıyla hazırlanan çevre eğitimi dersinin fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre okuryazarlığına etkisi, Doktora tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2013). Bilimsel araştırma yöntemleri, (Genişletilmiş 14. Baskı). Ankara: Pegem Yayınları.

Blumenfeld, P. C, Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. Educational Psychologist, 26 (3 & 4), 369-398.

Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. (1999). Teaching children science: A project-based approach. Boston, MA: McGraw-Hill.

Mansoor, I., & Moss, D. (1997). Project based learning and assessment: A resource manual for teachers. (ERIC Document Reproduction Service No.ED442306).

Mayring P.(2002). Einführung in die qualitative sozialforschung: Eine Anleitung zum qualitativen Denken. Weinheim.

Mayring P.(2007). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim

Thomas, J.W. (2000). A Review of Research On Project Based Learning, retrieved from: http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf (25, June 2014).

Claudia Meinhardt Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe
Olaf Krey

Quantitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern – Erste Ergebnisse

Einleitung

Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) beschreiben nach Schmitz und Schwarzer (2000, S. 13) „die subjektive Gewi[ss]heit, eine neue oder schwierige Aufgabe auch dann erfolgreich bearbeiten zu können, wenn sich Widerstände in den Weg stellen." SWE (angehender) Lehrkräfte können sowohl deren Planungs- als auch Unterrichtshandeln sowie darüber vermittelt die SWE von Schülerinnen und Schülern und deren Leistungen beeinflussen (vgl. z. B. Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy, 2001). Es existieren Instrumente zu allgemeinen SWE (vgl. u. a. Schwarzer & Jerusalem, 1999) und Lehrer-SWE (vgl. u. a. Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy, 2001) auch im Bereich „science teaching" (vgl. Riggs & Enochs, 1990), die jedoch hinsichtlich ihrer Gütekriterien diskutiert werden (vgl. z. B. Cakiroglu, Capa-Aydin & Woolfolk Hoy, 2012). Nach unserem Kenntnisstand gibt es derzeit kein reliables und valides deutschsprachiges Instrument zur Erfassung von SWE in physikdidaktischen Handlungsfeldern, also auf einem weniger globalen Spezifitätsniveau, wie es im Kontext physikdidaktischer Forschungsfragen relevant wäre.

Forschungsfragen, Studiendesign und Vorstudien

Das übergeordnete Ziel des im Folgenden beschriebenen Projektes besteht daher in der Entwicklung eines validen und reliablen Instruments zur Erhebung von SWE (angehender) Lehrkräfte in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Um dieses Ziel zu erreichen, haben wir Skalen zu den Handlungsfeldern „Umgang mit Schülervorstellungen" (SV), „Umgang mit Aufgaben" (A), „Experimentieren" (EX) sowie „Elementarisieren" (EL) jeweils in den Dimensionen „Planung" und „Durchführung" entwickelt. Diese Skalen wurden auf Grundlage der Erkenntnisse aus Pilotierungs- (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012) und qualitativ angelegten Validierungsstudien (Expertenrating, Interviews, vgl. Meinhardt, Rabe & Krey, 2014) mehrfach überarbeitet. Als Quintessenz der Vorstudien kristallisierten sich u. a. die nachfolgenden Forschungsfragen für die sich anschließende und hier umrissene quantitative Validierungsstudie heraus: (a) Sind die entwickelten Skalen eindimensional? (b) Hält die Trennung der Dimensionen „Planung" und „Durchführung" in den einzelnen Handlungsfeldern einer empirischen Überprüfung stand?

Stichprobe und methodische Ansätze

Im Wintersemester 13/14 wurden mit Hilfe eines Fragebogens (paper & pencil und online) 525 Physik-Lehramtsstudierende, 238 Physik-Lehramtsanwärterinnen und -anwärter sowie 168 Physiklehrkräfte befragt, wobei im Folgenden die beiden letztgenannten Kohorten im Fokus stehen werden. In der Kohorte der Referendarinnen und Referendare sind 60 % der Teilnehmer männlich, in der Kohorte der Lehrkräfte sind es 70 %. In beiden Kohorten unterrichten ca. die Hälfte der Befragten an Gymnasien, der andere Teil an Sekundarschulen wie Real- oder Gesamtschulen. Die meisten Lehrkräfte bzw. Referendarinnen und Referendare unterrichten Physik in Kombination mit Mathematik (87 % bzw. 66 %). Immerhin 17 % der Lehrkräfte unterrichten Physik nach einem Quereinstieg in das Lehramt, bei den Referendarinnen und Referendaren sind es sogar 30 %.

Um die genannten Forschungsfragen zu beantworten, werden die Skalen konfirmatorischen Faktorenanalysen unterzogen (Mplus 7.11, Muthén & Muthén, 2012). Da die vorliegenden Daten nicht normalverteilt sind und fehlende Werte enthalten (ca. 0,3 %), wird zur

Parameterschätzung ein robustes Maximum-Likelihood-Verfahren angewandt. Zur Beurteilung der Modellschätzung in gut bis sehr gut (✓), akzeptabel (~) bzw. nicht akzeptabel (–) werden die folgenden Cut-off-Werte herangezogen (vgl. z. B. Brown, 2006; Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003): $\chi^2/df \leq 2.5$ (✓), $2.5 < \chi^2/df \leq 2.5$ (~); CFI/TLI $\geq .95$ (✓), $.90 \leq$ CFI/TLI $< .95$ (~); RMSEA/SRMR $\leq .05$ (✓); $.05 <$ RMSEA/SRMR $\leq .08$ (~). Für den RMSEA werden nur signifikante Werte berichtet sowie die 90 %-Konfidenzintervalle [90 % KI] angegeben.

Erste Ergebnisse

In einem ersten Schritt werden kohortenweise je Skala (pro Handlungsfeld und Dimension) konfirmatorische Faktorenanalysen durchgeführt. Die Güte der jeweiligen Modellschätzungen reicht von nicht akzeptabel bis gut (vgl. (*) in Tab.1 und Tab. 2). In einem zweiten Schritt werden inhaltlich begründet einzelne Items ausgeschlossen und die Skalen erneut faktorenanalytisch untersucht. Die Modellschätzungen dieser revidierten Modelle können ebenfalls Tab. 1 und 2 entnommen werden. Die Faktorladungen der Items sind signifikant und i. d. R. substantiell ($\lambda \geq .5$).

Tab. 1: Modellfit für die (revidierten) Modelle – Lehrkräfte, (*) vor Revision

Modell	entfernt	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA [90% KI]	SRMR	Güte (*)
A-P	ap2	1.012	.979	.970	.043 [.000; .084]	.044	✓ (~)
A-D	ad5	1.183	.983	.976	.033 [.000; .077]	.040	✓ (~)
EL-P	elp1	0.968	1.000	1.004	.000 [.000; .064]	.038	✓ (~)
EL-D	eld6	0.934	1.000	1.003	.000 [.000; .104]	.021	✓ (~)
SV-P	–	1.068	.995	.994	.020 [.000; .071]	.039	(✓)
SV-D	svd7	2.080	.962	.937	.080 [.026; .132]	.038	~ (–)
EX-P	exp4, exp5	1.745	.954	.935	.073 [.036; .108]	.042	~ (~)
EX-D	exd7, exd9	1.231	.990	.984	.037 [.000; .087]	.033	✓ (~)

Tab. 2: Modellfit für die (revidierten) Modelle – Referendare, (*) vor Revision

Modell	entfernt	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA [90% KI]	SRMR	Güte (*)
A-P	ap2, ap9	1.947	.964	.946	.063 [.026; .098]	.039	✓ (~)
A-D	ad5	1.707	.957	.940	.054 [.019; .085]	.041	✓ (–)
EL-P	elp1	1.953	.958	.941	.063 [.033; .093]	.040	✓ (–)
EL-D	–	1.224	.992	.987	.031 [.000; .083]	.029	(✓)
SV-P	svp3	1.729	.973	.959	.055 [.010; .092]	.036	✓ (–)
SV-D	svd7	2.240	.955	.925	.072 [.029; .115]	.039	✓ (–)
EX-P	exp4, exp5	1.081	.995	.993	.018 [.000; 060]	.034	✓ (~)
EX-D	exd7, exd9	1.423	.981	.972	.042 [.000; .081]	.034	✓ (–)

In beiden Kohorten sind für die Handlungsfelder (außer „EX“) die Modellschätzungen für 2-faktorielle Modelle (Unterscheidung in „Planung“ und „Durchführung“) akzeptabel bis gut. Allerdings sind die latenten Korrelationen r zwischen den Dimensionen jeweils größer als r=.88. χ^2-Differenzentests zeigen, dass die Daten jedoch nicht signifikant besser auf eine 2-faktorielle Struktur als auf eine 1-faktorielle Struktur (Unterscheidung in „Planung“ und „Durchführung“ entfällt) passen. Siehe dazu exemplarisch Abb. 1. Für das Handlungsfeld „Experimentieren“ gelingt auf Grundlage der revidierten Modelle (vgl. Tab 1. und 2) zunächst weder der 1- noch 2-faktorielle Modellfit.

Diskussion und Ausblick

Mit Bezug zu den Forschungsfragen kann konstatiert werden, dass sich für die betrachteten Kohorten eindimensionale Skalen pro Handlungsfeld und Dimension, d. h. auf dem gewählten Spezifitätsniveau konstruieren lassen.

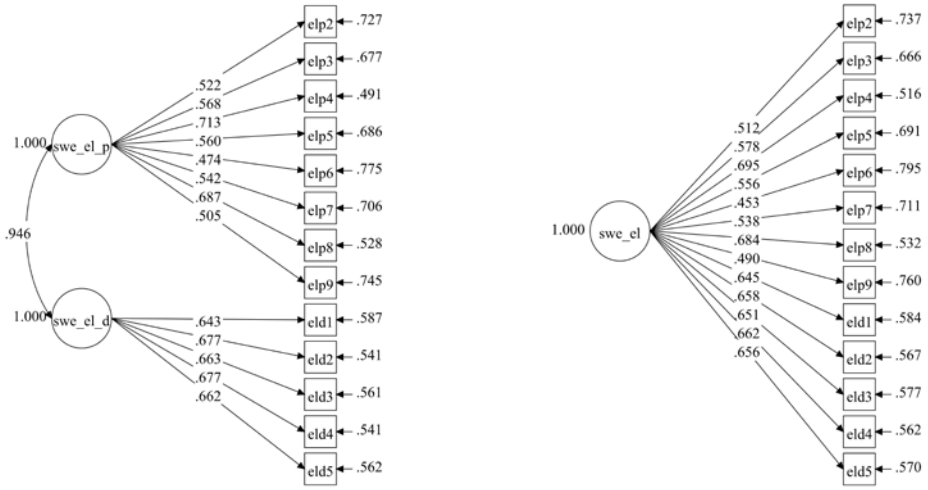


Abb. 1: Vergleich der 1- bzw. 2-faktoriellen Modelle für das Handlungsfeld „Elementarisierung" (2-faktoriell:$\chi^2/df = 1.4$, CFI = .952, TLI = .941, RMSEA = .050 [.023; .072], SRMR = .051; 1-faktoriell: $\chi^2/df = 1.4$, CFI = .949, TLI = .939, RMSEA = .051 [.025; .073], SRMR = .051; χ^2-Differenzentest: $\Delta\chi^2 = 2{,}73$, df = 1, p = .09)

Auch die Darstellung des Konstruktes in 2-dimensionalen Modellen gelingt in der Regel, allerdings korrelieren die beiden Subfaktoren „Planung" und „Durchführung" sehr hoch miteinander. Die Modellierung einer Gesamtskala je Handlungsfeld (1-faktorielles Modell) gelingt ebenfalls in den meisten Fällen. Allerdings passen beide Modellierungen gleich gut auf die Daten. Unter Umständen gelingt bei weiterer Itemreduzierung mittels exploratorischer Faktorenanalysen die Entwicklung von Kurzskalen je Handlungsfeld. Die Sinnhaftigkeit der Unterscheidung in „Planung" und „Durchführung" muss daher ggf. für jedes Forschungsprojekt gesondert geklärt werden. Für die Kohorten der Lehrkräfte und Referendare ergeben sich ähnliche faktorielle Strukturen, was als erstes Indiz für eine noch genauer zu prüfende Messinvarianz des Instrumentes gewertet werden kann. Diese Überprüfung erfolgt unter Einbeziehung der Studierendenkohorte in einem nächsten Schritt der Datenauswertung.

Literatur

Brown, T. A. (2006). Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. New York: The Guilford Press.

Cakiroglu, J., Capa-Aydin, Y., & Woolfolk Hoy, A. (2012). Science Teaching Self Efficacy Beliefs. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), Second International Handbook of Science Education (S. 449–462). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.

Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2012). Mplus. User's Guide (7th Ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

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.

Riggs, I. M., & Enochs, L. G. (1990). Toward the Development of an Elementary Teacher's Science Teaching Efficacy Belief Instrument. Science Education, 74(6), 625–637.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. Methods of Psychological Research Online, 8(2), 23–74.

Schmitz, G. S., & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14(1), 12–25.

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin. Retrieved from http://userpage.fu-berlin.de/health/self/skalendoku_selbstwirksame_schulen.pdf

Tschannen-Moran, M., & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: capturing an elusive construct. Teaching and Teacher Education, 17(7), 783–805.

Tanja Ruberg Universität Oldenburg
Michael Komorek

Einfluss von Praxisphasen auf die Unterrichtsplanung und -reflexion von Physik-Lehramtsstudierenden

Immer wieder stellen Lehramts-Studierende die Forderung nach mehr Praxis in der universitären Ausbildung (vgl. u. a. Makrinus, 2013). Auch in den Interviews mit Studierenden der hier beschriebenen Arbeit wird dieser Wunsch sehr deutlich. Tatsächlich gewinnen Praxisphasen in der Lehramtsausbildung auch an Bedeutung, was durch die Etablierung von Praxissemestern, wie aktuell in Niedersachsen das GHR 300, deutlich wird. Doch mehr Praxis allein kann nicht ausreichen, entscheidend ist die Verknüpfung mit den theoretischen Ausbildungsanteilen. Jedoch sind dafür erforderliche Erkenntnisse über die Lernprozesse der Studierenden beim Planen, Durchführen und Reflektieren von Unterricht in Schulpraktika kaum vorhanden (vgl. Hascher, 2011).
Wie also soll eine professionsfördernde Theorie-Praxis-Verzahnung stattfinden, wenn über die entscheidenden Prozesse in der Praxis kaum Befunde vorliegen? Wie sollen die Studierenden passend auf ihre ersten Praxiserfahrungen vorbereitet werden bzw. wie sollen diese Erfahrungen im Anschluss in den Seminaren aufgefangen werden, wenn die Lehrenden der Universität nicht wissen, welche Prozesse im Praktikum auf Seiten der Studierenden ablaufen? Arbeiten zu diesen Fragestellungen liefern bereits verschiedene Ansätze zur Beantwortung dieser Fragen. Dabei geht es zum Beispiel um die Veränderlichkeit von Vorstellungen der Lehramtsstudierenden (vgl. Fischler, 2000) oder um den Lerneffekt des Praktikums aus Sicht der Studierenden (vgl. Gibson, 1976). Der ausschlaggebende Bereich, der Blick auf die Prozesse innerhalb des Praktikums beim Planen, Durchführen und Reflektieren von Unterricht und das Anwenden und Reorganisieren des theoretischen Wissens in der Praxis, ist bis dato kaum erhellt. Mit der Absicht dies zu ändern, wird die vorliegende Studie im Rahmen des Promotionsprogramms LÜP („Lernprozesse im Übergangsraum Praxisphase“) in der Physikdidaktik durchgeführt. Die ***Forschungsfragen*** lauten im Detail:

- (1) Wie verändert sich die Schwerpunktsetzung der Fachpraktikanten bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht nach der Praxisphase gegenüber davor?
- (2) Wie nutzen und verknüpfen Studierende fachliches, fachdidaktisches und bildungswissenschaftliches Wissen (und die von ihnen erkannte Vorstellungen und Lernprozesse ihrer Schüler-/innen), um Physikunterricht zu planen und zu reflektieren?
- (3) Wie bewerten Studierende ihre universitäre Ausbildung im Hinblick auf die Praxis vor und nach der Praxisphase?

Die dritte Forschungsfrage hat aufgrund ihrer geringeren Komplexität und ihrer inhaltlichen Abgrenzung zur ersten und zweiten Forschungsfrage eine gesonderte Position. Im Verlauf der Erhebung erschien es aber unabdingbar, die Studierenden nach einer eigenen Einschätzung ihrer theoretischen Ausbildung und der wahrgenommenen Verzahnung von theoretischem Wissen und Praxiserfahrungen zu befragen.
Das ***Forschungsdesign*** (vgl. Abbildung 1) lässt sich in zwei Abschnitte unterteilen: Es beinhaltet eine Prä/Post Erhebung und eine Erhebungsphase während der Praxisphase. Die Prä/Post Untersuchung wird mit Hilfe von Concept-Map-Interviews durchgeführt. Unter Anleitung erstellt jeder Praktikant digital eine Concept Map zur Gestaltung von Physikunterricht; die einleitenden Fragen lauten: „Wenn du Physikunterricht planst und durchführst, was ist dir dabei besonders wichtig?“ und „Warum sind die diese Aspekte wichtig? Was möchtest du damit erreichen?“ Nachdem Begriffe und Ideen gesammelt worden sind, erstellt

der Praktikant Relationen, indem er Begriffe mit Hilfe einer Software zur Erstellung von Concept Maps mit Pfeilen verbindet. Im letzten Schritt werden die Pfeile beschriftet. Nach dieser Phase der Bildung der Concept Maps folgt ein fokussiertes Interview, das zum einen dazu dient, die Aussagen im Concept Map-Interview zu verifizieren und zum anderen Fragen zur Effektivität des Studiums, also zur dritten Forschungsfrage zu stellen.

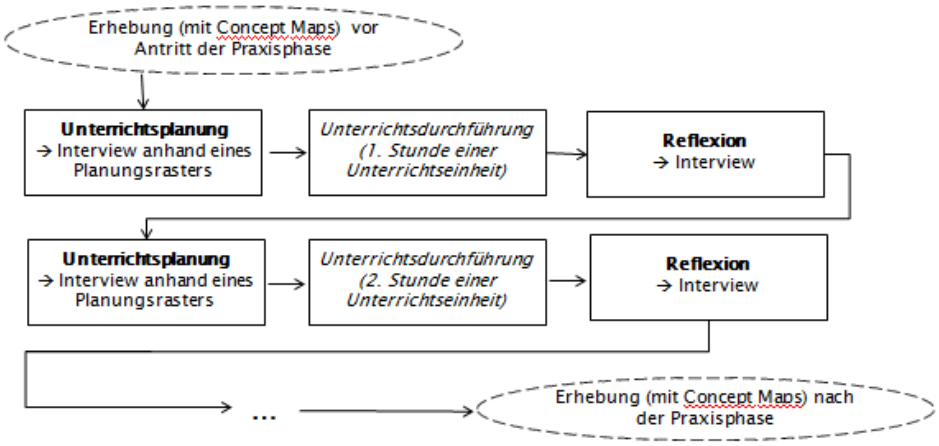


Abbildung 1: Forschungsdesign

Während der Praxisphase wurden ebenfalls Interviews eingesetzt. Die Praktikanten wurden aufgefordert, die Planung einer gesamten Unterrichtseinheit mit Hilfe eines Planungsrasters zu verschriftlichen. Dieses Planungsraster war ihnen aus der Begleitveranstaltung zum Praktikum bekannt. Das ausgefüllte Raster diente dann als Basis für die Planungsinterviews, in denen gezielt nach Begründungen einzelner Entscheidungen, Legitimationen verschiedener Methoden und der Auswahl fachlicher Inhalten gefragt wurde. Die Unterrichtsdurchführung wurde zwar teilnehmend beobachtet, allerdings nicht explizit, um Daten zu erheben, sondern um sie als Anker für weitere Interviews im Sinne eines stimulated recalls zu nutzen. Zur Reflexion im Anschluss an die Unterrichtsstunde wurde ebenfalls ein Interview geführt. Dabei wurde u. a. gefragt, inwiefern die Praktikanten zufrieden mit ihrer Durchführung sind, ob und an welcher Stelle sie von ihrer Planung abweichen mussten und inwiefern sie ihre zukünftige Planung aufgrund ihrer Reflexionsergebnisse anpassen müssten.

Das ***Sample*** wurde aus den Teilnehmern des Fachpraktikums Physik im Wintersemester 2013/2014 ausgesucht. Beim Antritt dieses Praktikums hatten die Studierenden bereits das Allgemeine Schulpraktikum absolviert und sich dadurch in der die Rolle der Lehrkraft bereits wahrnehmen können. Im Fachpraktikum werden sie dann mit der komplexen Unterrichtssituation einer Fachlehrkraft konfrontiert. Durch die obligatorische, eigenständige Durchführung einer gesamten Unterrichtseinheit bietet das Fachpraktikum für die hier beschriebenen Forschungszwecke ein ideales Forschungsfeld.

Das Sample umfasste 16 Studierende, mit denen jeweils ein Concept Map-Interview geführt wurde. Aufgrund einer ersten Durchsicht dieser Interviews wurden sechs Studierenden nach dem Prinzip des maximalen Kontrasts bzgl. der Sicht auf Unterricht ausgewählt. Diese Studierenden wurden während des Praktikums engmaschig begleitet.

Das Begleitseminar zum Fachpraktikum beinhaltete die Vermittlung der Basismodelle des Lernens, die Nutzung des besagten Planungsrasters, die Planung und schriftliche Darstellung von Unterrichtsstunden in Kleingruppen sowie die Diskussion von Unterricht anhand von

Videovignetten und den Unterrichtsplanungen der Studierenden (vgl. Fischer et al., 2014; Komorek, Fischer & Moschner, 2013). Ziel des Seminars war es unter anderem, die Studierenden für die Planung von Physikunterricht mit Blick vornehmlich auf Lernprozesse, statt ausschließlich auf Lehrprozesse zu sensibilisieren. Relevant für die Erhebung war das Seminar insofern, dass hier ein erster Kontakt zu den angehenden Praktikanten hergestellt wurde und der Umgang mit dem Planungsraster sichergestellt werden konnte.

Die Durchführung der Interviews ist abgeschlossen, die Interviews werden derzeit transkribiert. Die ***Auswertung*** wird mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse kategoriengestützt und kriteriengeleitet durchgeführt. Die genutzten Planungsraster und Concept Maps spielen bei der Auswertung eine eher untergeordnete Rolle. Sie dienten in erster Linie als Grundlage für die Interviews und erleichtern es, mit den Praktikanten ins Gespräch über Unterricht zu kommen.

Ein erster ***Blick in die Daten*** liefert ein differenziertes Bild der Studierenden. Ein exemplarisches Beispiel zur ersten Forschungsfrage soll Proband A liefern: Schülervorstellungen werden vor der Praxisphase nur ein geringer Stellenwert zugestanden. Im Anschluss an die Praxiserfahrung wird die Wichtigkeit von Schülervorstellungen mehrfach betont, was mit Blick auf die Interviews mit Proband A während der Praxis, an vielen Stellen belegt werden kann. Äußerungen, wie „Das habe ich völlig unterschätzt." oder „Das stimmt ja wirklich, was man in der Uni immer erzählt bekommt." sind in den Interviews häufig zu sehen und lassen diesbezüglich kaum Interpretationsspielraum zu.

Genau andersrum ließ es sich bei der Vermittlung von forschenden Kompetenzen beobachten. Vor der Praxisphase nennt Praktikant A explizit die Wichtigkeit von der Vermittlung forschender Kompetenzen, im Nachhinein wird dies als „unrealistisch" und „in der Schule nicht zu leisten" beurteilt. Bei Proband A lässt sich demnach eine Verunsicherung der Vorstellungen von Unterricht durch die Praxisphase feststellen. Hier überrascht insbesondere, dass der Nutzen Forschenden Lernens allein durch eine kurze negative Erfahrung grundsätzlich infrage gestellt wird, wo doch in vielen fachdidaktischen Veranstaltungen auf Basis von theoretischen Überlegungen und Studien hierauf ein hohes Gewicht gelegt wird.

Literatur

Fischer A., Hößle C,. Jahnke-Klein S., Kiper H. Komorek M., Michaelis J., Niesel V. & Sjuts J. (2014). Diagnostik für lernwirksamen Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider.

Fischler, H. (2000). 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 Naturwissenschaft; Jg.6, 27-36

Fischler, H. (2000). 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 Naturwissenschaft; Jg.6, 79-95

Gibson, R. (1976). The effect of school practice: the development of student persepectives. In: British Journal of Teacher Education, Vol.2 No.3, 241-250

Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum – Veränderungen durch das Praktikum. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. In: Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf. Hg. Von Allemann-Ghionda, Christina; Terhart, Ewald. Weinheim u.a: Beltz, 130-148. (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 51)

Komorek, M., Fischer, A. & Moschner, B. (2013). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Münster: Waxmann, 43-62.

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis: Zur Bedeutung von Praxisphasen im Studium. Wiesbaden. Springer VS.

Marko Mansholt Universität Oldenburg
Michael Komorek

Adaptive Planungs- und Diagnoseprozesse im Lehr-Lern-Labor

Ergebnisse nationaler und internationaler Untersuchungen zu den Kompetenzen angehender und praktizierender Lehrkräfte (Baer et al., 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008, 2010; Kunter et al., 2011) lassen den Schluss zu, dass schon in der Ausbildung von Lehrkräften die Einbindung und Anwendung handlungsbezogenen Professionswissens stattfinden muss, um aufgezeigten Defiziten wie einer zu geringen Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Wissenselemente und einer zu geringen Verzahnung von akademischen Wissen und Praxiserfahrung vorzubeugen. Dies vor allem, da die Anforderungen an eine Lehrkraft beständig zunehmen (vgl. Bromme, 1992; 1997; Haag & Lohrmann, 2006). In der hier vorgestellten Untersuchung befassen sich Studierende mit der Planung, Durchführung und Reflexion von Besuchen von Schülerinnen und Schülern im Schülerlabor physiXS der Universität Oldenburg. Dieses Labor stellt für Schülerinnen und Schüler ein „Lern- und Experimentierlabor“ dar, für Studierende ein „Lehrlabor“, in dem sie sich in ihrer Rolle als Lehrperson erproben können. Daher kann man die so konstruierte Situation als „Lehr-Lern-Labor“ bezeichnen, das aus Sicht der Studierenden als ein Praxiselement in ihrer Ausbildung fungiert. Eine prozessbegleitende empirische Untersuchung soll die bei den Studierenden ablaufenden Prozesse zu beschreiben helfen; dabei wird geprüft, inwieweit ein Modell zyklischen Forschenden Lernens auf Ebene der Studierenden ihre handlungsleitenden Prinzipien zu modellieren erlaubt.

Theoretischer Hintergrund

Lehr-Lern-Labore können eine wichtige Funktion in der Lehrerbildung übernehmen, wenn es darum geht, den Praxisbezug angehender Lehrkräfte früh und theoriebezogen herzustellen (vgl. Fischer et al., 2014). Der generelle Wunsch nach mehr Praxis in der Lehrerbildung ist nur dann begründbar, wenn Praxisphasen theoriebezogen begleitet und reflektiert werden (Bromme, 2008; Hascher, 2011). Allein ein Mehr an Praxis kann sogar zu einer Qualitätsabnahme in der Lehrerbildung beitragen (Helmke, 2012), wenn sich unreflektierte Vorstellungen von Unterrichtspraxis aus der eigenen Schulzeit und durch Sichtweise ungeschulter Mentoren verfestigen. Praxisphasen wie das Fachpraktikum und die neu eingerichtete 18wöchige Praxisphase im GHR300-Modell in Niedersachsen sind so angelegt, dass eine Begleitung die Reflexion des eigenen Handelns in der neuen Rolle ermöglichen soll. Allerdings liegen diese Praxisphasen relativ spät im Studium, ca. im 8. Semester, und sind im Falle des Fachpraktikums mit sechs Wochen bislang relativ kurz. Somit besteht der Bedarf an weiteren Formaten neben den Schulpraktika, um Professionalisierungsprozesse bei Studierenden anzuregen. Lehr-Lern-Labore stellen hier eine Möglichkeit für Studierende dar, ihre fachlichen, fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Studieninhalte aufeinander zu beziehen und in der Praxissituation anzuwenden. Die Theorie-Praxis-Verknüpfung soll durch die Reduzierung der Komplexität der Laborsituation gegenüber der Klassenraumsituation unterstützt werden; der Studierende muss sich nicht um Klassenraummanagement und um äußere Faktoren des Unterrichts kümmern, sondern kann eine Sensibilität gegenüber Lernproblemen und Lernwegen der wenigen Schülerinnen und Schüler entwickeln. Aspekte wie Heterogenität und Inklusion, Diagnose von Lernverhalten sowie Reflexion und Adaption des eigenen Lehrverhaltens können in den Blick genommen werden; Handlungsprofessionalität (vgl. Kunter et al., 2011) und Reflexionsvermögen können aufgebaut werden (Bromme, 1997).

Fragestellungen einer empirischen Studie

Die Forschungsarbeit in der Oldenburger Gruppe konzentriert sich auf die empirische Untersuchung von Planungs- und Diagnoseprozessen von Studierenden, die Gruppen von Schülerinnen und Schüler zu einem inhaltlichen Thema zu drei, etwa wöchentlich aufeinander folgenden Besuchen in das Schülerlabor physiXS einladen. Untersucht wird, welche Prozesse der Planung von Experimentierangeboten, der Diagnose von Schülerlernprozessen, der Reflexion der Passung von Angebot und Nutzung und der Anpassung des folgenden Angebots aufgrund der Reflexionsergebnisse ablaufen. Die teilnehmenden Studierenden entwerfen die Lehr-Lern-Sequenz für das Schülerlabor im Rahmen ihrer Bachelor- oder Masterarbeit. Das Projekt ist angegliedert an eine von der Stiftung Deutsche Telekom geförderte Maßnahme im Rahmen einer Hochschulausschreibung zur Förderung der MINT-Lehrerausbildung. Die Oldenburger Gruppe bildet hier mit der FU Berlin, den Universitäten Koblenz-Landau und Münster sowie mit dem IPN in Kiel einen Entwicklungs- und Forschungsverbund, dessen Ziel es ist, Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor in den Ausbildungsmodulen des Lehramts zu verankern.

Die übergeordneten Fragestellungen im hier beschriebenen Projekt lauten:

- Welche theoretischen Wissenskomponenten (fachdidaktisches, fachwissenschaftliches und pädagogisches Wissen) nutzen Studierende, um eine Lehr-Lern-Situation zu planen, durchzuführen und zu reflektieren?
- Welche handlungsleitenden Prinzipien verfolgen die Studierenden bei der Planung und Durchführung der Lehr-Lern-Situationen? Welche Kriterien nutzen sie für die Reflexion der abgelaufenen Prozesse und für die Anpassung ihrer Angebote?
- Inwieweit lassen sich die beobachteten Prozesse mit einem Modell des zyklischen Forschenden Lernens (Abb. 1) auf Ebene der Studierenden beschreiben?
- Wie können Lehr-Lern-Labor-Situationen als Praxisphasen in die Ausbildungsmodule angehender Lehrkräfte professionswirksam integriert werden?

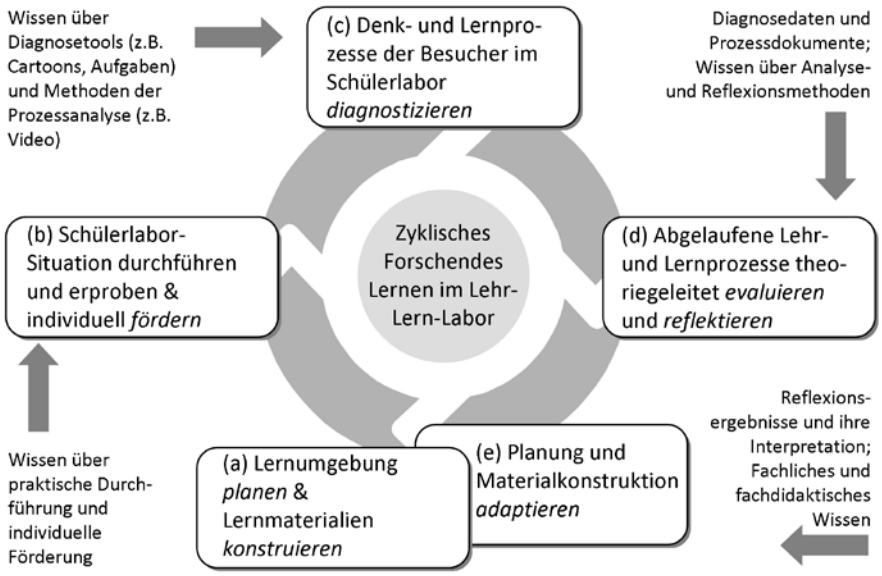


Abb. 1 Modell adaptiven zyklischen Forschenden Lernens im Lehr-Lern-Labor

Erhebung und Auswertung empirischer Daten

Um die Prozesse von elf Studierenden in dieser Studie möglichst engmaschig beobachtend zu begleiten, fanden parallel zu den studentischen Arbeiten eine Reihe von Interviews statt:

- Vor der eigentlichen Planungsphase wurden die Studierenden einzeln zu ihren generellen Vorstellungen von der Gestaltung von Lernsituationen befragt, um zu erkennen, welche Wissenselemente sie für bedeutsam und nutzbringend erachten.
- Nach der Planung eines jeden der aufeinander folgenden Labortermine wurden die Studierenden im Tandem zu ihren konkreten Planungen befragt, welche Ziele sie damit verbanden, welche Wissenselemente in die Planung eingeflossen waren, welches Diagnosetool sie zu welchem Zweck einsetzen wollten; ebenso danach, wie sie den kommenden Labortermin didaktisch strukturieren wollten.
- In Interviews zwischen zwei Laborterminen wurde zusätzlich gefragt, welche Diagnoseergebnisse sie gewonnen haben und wie diese in ihre Reflexionen der abgelaufenen Prozesse eingeflossen sind. Außerdem war hier wichtig, zu erheben, wie sie die Planung des nächsten Labortermins aufgrund der Reflexionsergebnisse anpassen wollten.
- Neben diesen Interviewdaten wurden als zusätzliche Datenquelle die Laborbesuche der Schülerinnen und Schüler videographiert. Die Videodaten dienten zum einen als Stimulus in nachfolgenden Interviews, zum anderen für die Auswertung der Besuche durch die Studierenden selbst im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten.
- Nach Ende der Besuchssequenz im Labor wurden die Studierenden wiederum einzeln interviewt, um zu erheben, inwiefern sich ihre Sicht auf die Nutzung verschiedenen Wissenskomponenten rückblickend verändert hatte und ob sie selbst die Vorstellung eines zyklischen Ablaufs, der auf Anpassung setzt, entwickelt hatten oder ggf. weiterhin die Vorstellung eines linearen, immer wieder neu ansetzenden Prozesses nutzten.

Die knapp dreißig transkribierten Interviews und fünfzehn videographierten Laborsitzungen werden derzeit einer kategoriengestützten qualitativen Auswertung unterzogen. Ziel ist es, die ablaufenden Prozesse in Begriffen des obigen Modells (Abb. 1), das durch die Untersuchung ggf. selbst weiter ausdifferenziert wird, detailliert zu beschreiben, Kategorien für handlungsleitende Prinzipien zu finden und begründete Vorschläge für die Integration von Lehr-Lern-Labor-Situationen in die Physiklehrerausbildung zu formulieren.

Literatur

Baer, M., Dörr, G., Fraefel, U., Kocher, M., Küster, O., Larcher, S., Müller, P., Sempert, W. & Wyss, C. (2007). Werden angehende Lehrpersonen durch das Studium kompetenter? Unterrichtswissenschaft, 35, 15-47.

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare - Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster: Waxmann

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010). TEDS-M 2008 - Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Sekundarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers: Kapitel 4. In: F. E. Weinert (Hrsg.). Enzyklopädie der Psychologie. Pädagogische Psychologie. Psychologie des Unterrichts und der Schule, Band 3. Göttingen: Hogrefe, 177-212.

Bromme, R. (2008). Lehrerexpertise. In: W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.). Handbuch der Pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe, 159-167.

Fischer A., Hößle C,. Jahnke-Klein S., Kiper H. Komorek M., Michaelis J., Niesel V. & Sjuts J. (2014). Diagnostik für lernwirksamen Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider.

Haag, L. & Lohrmann, K. (2006). Lehrerhandeln: Lehrerkognitionen und Lehrerexpertise. In: K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.). Handbuch Unterricht. Bad Heilbrun: Klinkhardt, 617-626.

Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.). Handbuch der Forschung zum Lehrberuf. Münster: Waxmann, 418-440.

Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer.

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In: M. Kunter et al. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxman, 55-68.

Hendrik Härtig IPN Kiel

Offene Antworten und Multiple Choice Tests im direkten Vergleich

Theoretischer Hintergrund

Aufgrund der Testökonomie und der Auswerteobjektivität wird häufig ein geschlossenes Antwortformat, insbesondere Multiple-Choice Tests (MC) bevorzugt (Bühner, 2006). Seit längerem gibt es Überlegungen, ob verschiedene Antwortformate unterschiedliche kognitive Prozesse zur Bearbeitung erfordern (Martinez, 1999). So wird diskutiert, dass offene Antwortformate eine detailliertere Erfassung der zugrunde liegenden Lösungsprozesse und damit einen tieferen Einblick in die aufgabenrelevanten Konstrukte ermöglichen können (Williamson, Xi, & Breyer, 2012). Ferner erreichen Probanden in offenen Antwortformaten weniger Punkte als in geschlossenen Antwortformaten; je wichtiger, der Test für die Probanden ist, desto größer ist dieser Unterschied (DeMars, 2000). Es zeigt sich, dass bei freien Antwortformaten neben fachlich adäquaten Vorstellungen auch Alltagsvorstellungen erwähnt werden (Opfer, Nehm, & Ha, 2012). Vergleicht man zusätzlich Interviews mit MC Tests und mit offenen Antwortformaten, unterscheiden sich die MC Test mitunter deutlich von den anderen beiden, die sehr ähnlich ausfallen (Opfer, Nehm, & Ha, 2012).

Mit dem Force Concept Inventory veröffentlichen Halloun und Hestenes (1985) ein Instrument, das das Verständnis Studierender im Bereich Mechanik erfassen soll. Die Autoren konstruierten dafür zunächst ausschließlich offene Aufgaben. Ausgehend von den Antworten auf diese wurden dann falsche (und richtige) MC Antworten generiert. Die Testentwicklung umfasste mehrere Zyklen mit dem Ziel, die Validität und Reliabilität sicherzustellen (Halloun & Hestenes, 1985). Die als falsch zu wertenden Antwortalternativen stellen somit mehr oder weniger übliche Alltagsvorstellungen dar (Hestenes, Wells, & Swackhammer, 1992; Halloun & Hestenes, 1985). Rebello und Zollman (2004) vergleichen in einer Studie vier Items des FCI in geschlossenem Format mit denselben vier Items im offenen Antwortformat, wobei allerdings ein einzelner Proband nicht dieselben Aufgaben zweimal erhält. Die Autoren berichten, insgesamt würden von den Probanden andere falsche Lösungen generiert, als durch die Antwortalternativen angeboten (Rebello & Zollmann, 2004). Dies deutet auf Effekte auf der Einzelebene hin, die aber nicht untersucht wurden. Ein weiterer Grund für die fehlende Differenz könnte aber auch die Auswahl der Aufgaben sein, die nicht entlang möglicher Teilkonstrukte erfolgte (ebd.). Savinainen und Viiri (2008) vergleichen den FCI mit Interviews und stellen fest, dass die Ergebnisse im FCI nur bedingt mit replizierte werden. Grund dafür ist ein relevanter Anteil an Personen, die im FCI sehr gute Ergebnisse erreichen, dies in den Interviews aber nicht reproduzieren können.

Fragestellung

Die hier vorgestellte Studie stellt eine Erweiterung der Studien von Härtig (2014a) dar. Es werden zwei Forschungsfragen untersucht:

- (1) Inwiefern beeinflusst das Antwortformat des Force Concept Inventories die Ergebnisse der Probanden?
- (2) In welchem Ausmaß wirkt sich eine Modifikation des Kontexts auf die Bearbeitung durch die Probanden aus?
- (3) Lässt sich die Auswertung offener Antwortformate automatisieren (vgl. Härtig 2014b)?

Zunächst wurde eine sehr enge Inhaltsbegrenzung auf einen Teilaspekt des Kraftverständnisses (relevante Kraftarten) vorgenommen. Darüber hinaus wurden in der Vergangenheit die Kontexte der Aufgaben diskutiert, weswegen dies hier in Anlehnung an die Arbeiten von Schecker und Gerdes (1999) systematisiert untersucht wird.

Methode

Die Studie verwendet nur eine Auswahl von Items des FCI. Die Items fragen nach Kräften, die in einer bestimmten Situation relevant sind. Es wurden sieben Aufgaben aus dem Original FCI von 1992 in der überarbeiteten Übersetzung von Neumann und Kollegen nach Schecker und Gerdes (1999) ausgewählt. Diese Items erfassen vermutlich einen sehr ähnlichen Aspekt der Newtonschen Mechanik, im Sinne der Kategorie Kraftarten. Dies soll der Beantwortung der ersten Forschungsfrage dienen. Forschungsfrage zwei soll zusätzlich klären, inwieweit die kontextuelle Einbindung der physikalischen Inhalte selbst – bei ansonsten gleicher Frage – zu unterschiedlichen Lösungen zu führt. Aus diesem Grund wurde für zwei der Items der Kontext variiert. Neben dem Kontext Golf für eines der Items gab es vier weitere Kontexte: Fußball, Weitsprung, Angry Birds© und den Wurf eines Schlüssels. Neben dem Kontext Buch gab es ebenfalls zwei weitere Kontexte: Stuhl und Mädchen. Man würde erwarten, dass Probanden auf alle fünf bzw. drei Fragen exakt gleich antworten, da die physikalische Sichtweise extrem vergleichbar ist.

Alle Items wurden sprachlich so modifiziert, dass sie sowohl als MC Items (wie im FCI) als auch im offenen Antwortformat präsentiert werden können. Das gesamte Testinstrument enthält damit 26 Items, 13 mit offenem Antwortformat, 13 als MC Items. Je eine offene und eine geschlossen Aufgabe sind dabei vollkommen identisch. Außerdem umfasst jedes Antwortformatpaket fünf Original FCI Fragen mit ähnlichem Inhalt und zusätzlich zwei Original FCI Fragen mit jeweils zwei bzw. vier Kontextvariationen.

Allen Probanden wurden alle Items vorgelegt, immer die offenen Aufgaben zuerst, die Probanden dürfen nie vor oder zurück blättern. Der Test wurde sowohl als Papier und Bleistift Instrument als auch als Online Erhebung. Die Antworten für die offenen Antwortformate wurden mittels der Antwortalternativen des geschlossenen als Kategorien kodiert. Die Güte dieser Kodierung wurde mittels einer Zufallsstichprobe und Doppelkodierung überprüft. Die Interrater-Reliabilität hierfür liegt für alle Items im guten bis sehr guten Bereich (,800 < Cohen‘s κ < 1,000).

Ergebnisse

An der Studie nahmen 610 Studierende aus Deutschland, Österreich und der Schweiz teil. 412 Personen studierten Physik als Hauptfach (auch Lehramt). Die Daten sind nicht normalverteilt, optisch gleichen die Resultate einer Bimodalverteilung. Diese Aufteilung lässt sich auch post-hoc durch kein erfasstest Merkmal erklären (z. B. Lehramt oder Semester). Entsprechend fällt ein Kolmogorow-Smirnow Test signifikant aus, daher werden die Analysen mittels robusterer, non-parametrischer Verfahren durchgeführt.

Zur Klärung der Forschungsfrage 1 werden dichotomisierte Auswertungen herangezogen und in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse verwendet. Es sollen zwei verschieden Teilskalen betrachtet werden: Es wird der Einfluss des Antwortformats bei den Items untersucht. Zu vergleichen sind also drei Modelle: Ein Modell mit einer Skala, eines mit zwei Skalen aufgrund des Antwortformats und ein Modell mit dem Antwortformat als genesteter Faktoren. Der Modell-Vergleich mittels Chi-Quadrat Test zeigt dabei die Überlegenheit des Modells mit genesteten Faktoren für das Antwortformat gegenüber beiden anderen.

Für Forschungsfrage 2 wird für die beiden kontextvariierten Items angenommen, jedes Items stelle ein Rating des Verständnis der Probanden dar. Damit lässt sich die Ähnlichkeit der Ratings mittels Fleiss´ κ als Kohärenzanalyse verstehen. Es zeigt sich, dass die Effekte leicht

unterschiedlich ausfallen. Für die offenen Antwortformate zeigt sich durchgängig der Kontexteffekt, für die MC Items nur in einem der beiden Fälle (Tab 1).

Tabelle 1: Kontexteffekte für die Itemgruppen

(Golf etc.) MC	(Golf etc.) Offen	(Buch etc.) MC	(Buch etc.) Offen
Fleiss 'κ=.877	Fleiss' κ=.618	Fleiss 'κ=.683	Fleiss 'κ = .695

Folglich lohnt sich der Einsatz offener Antwortformate: Forschungsfrage 1 führt zu Belegen dafür, dass die Probanden hier andere Antworten generieren, bei im Mittel niedrigeren Scores. Forschungsfrage 2 zeigt auf, dass der Kontexteinfluss vor allem im offenen Antwortformat relevant wird. In Anlehnung an Arbeiten von Härtig (2014b) soll daher die automatische Auswertung offener Antwortformate auch hier zu einer ökonomischen und objektiven Auswertung führen. Dafür wurden mittels SPSS TA zunächst Regeln zur softwarebasierten Kodierung entwickelt und diese dann erprobt (vgl. Härtig 2014b für Details). Es zeigt sich im Vergleich zwischen Software und einer Gruppe menschlicher Experten, dass die Software zu vergleichbaren Befunden kommt – Fleiss 'κ fällt in der Gruppe nur menschlicher Experten genauso hoch aus wie bei der Gruppe menschliche Experten und Software. Damit kann hier ferner geschlossen werden, dass offene Items ökonomisch und objektiv auch in größeren Erhebungen zu verwenden sind.

Literatur

Bühner, M. (2006). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (2nd ed.). München, Don Mills: Pearson Studium.

DeMars, C. E. (2000). Test Stakes and Item Format Interactions. In: Applied Measurement in Education, 13, 55–77. doi: 10.1207/s15324818ame1301_3.

Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. In: Am. J. Phys., 53, 1043-1048.

Härtig, H. (2014a – im Druck). Der Force Concept Inventory Vergleich einer offenen und einer geschlossenen Version. PhyDid A.

Härtig, H. (2014b). Software-basierte Evaluation freier Antwortformate. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Doi: 10.1007/s40573-014-0012-6.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. In: The Physics Teacher, 30, 141-158.

Martinez, M. E. (1999). Cognition and the question of test item format. In: Educational Psychologist, 34, 207–218. doi: 10.1207/s15326985ep3404_2.

Opfer, J. E., Nehm, R. H., & Ha, M. (2012). Cognitive foundations for science assessment design: Knowing what students know about evolution. In: Journal of Research in Science Teaching, 4, 744–777. doi: 10.1002/tea.21028

Rebello, N. S. & Zollman, D. (2004). The effect of distracters on student performance on the force concept inventory. In: Am. J. Phys., 72, 116-125.

Savinainen, A. & Viiri, J. (2008). The Force Concept Inventory as a Measure of Students' Conceptual Coherence. In: International Journal of Science and Mathematics Education, 6, 719.

Schecker, H. & Gerdes, J. (1999): Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik – Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. In: ZfDN, 5, 75-89.

Williamson, D. M., Xi, X., & Breyer, F. J. (2012). A Framework for Evaluation and Use of Automated Scoring. In: Educational Measurement: Issues and Practice, 31, 2–13.

Bernhard Sieve Leibniz Universität Hannover
Sascha Schanze

IWBs als innovative Werkzeuge im Chemieunterricht – eine Intervention –

Einleitung und Zielsetzung

Interaktive Whiteboards (IWB) ersetzen bzw. ergänzen international wie auch seit einigen Jahren hierzulande insbesondere in den naturwissenschaftlichen Fachräumen die klassischen Präsentationsmedien (Smith et al., 2005; Schanze & Sieve, 2013). Zwischen den Potenzialen dieser digitalen Tafeln für Vermittlungsprozesse und dem Vermögen der Lehrkräfte, diese Potenziale im Fachunterricht umzusetzen, besteht jedoch eine große Implementationslücke. Lehrerfortbildungen sind eine häufig propagierte Form der Unterstützung von Lehrkräften, doch erweisen sich viele der bisherigen Konzepte als nicht hinreichend adressatengerecht und anschlussfähig an die Unterrichtspraxis (Slay et al., 2008; Sieve & Schanze, 2013). Aus diesem Desiderat leitet sich die Zielsetzung des am Projekt iWnat (interaktive Whiteboards im naturwissenschaftlichen Unterricht) angegliederten Forschungsprojekts ab: der Prüfung, inwiefern das im Rahmen des o. g. Projekts entwickelte Fortbildungsangebot Chemielehrkräften mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Interessen gerecht wird und Lehrkräfte in ihrer Kompetenzentwicklung wirksam unterstützen kann (vgl. Sieve & Schanze, 2013). Das Forschungsvorhaben gliedert sich dabei in zwei Forschungsteile. Im ersten Teil wurden zunächst die Einstellungsmuster zu und Einsatzweisen von digitalen Tafeln bei 360 Lehrkräften aus 29 weiterführenden Schulen in Niedersachsen erhoben. Grundlage bilden dabei die diagnostischen Instrumente des *Concerns-Based Adoption Model* (CBAM) von Hall und Hord (2006), die *Stages of Concern* (SoC) und die *Levels of Use* (LoU). Zusätzlich wurden Ausstattung mit IWBs, Fortbildungserfahrungen sowie die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte gegenüber digitalen Tafeln erhoben und anhand strukturierter Unterrichtsbeobachtungen trianguliert. Wesentliche Ergebnisse dieser Studie wurden bereits beschrieben (Sieve & Schanze, 2013). Daran anknüpfend werden in diesem Beitrag das Design und ausgewählte Ergebnisse der Wirksamkeitsprüfung der IWB-Fortbildung für Chemielehrkräfte dargestellt.

Leitlinien für die Gestaltung von IWB-Lehrerfortbildungen

Aus den Ergebnissen des ersten Forschungsteils, kombiniert mit theoretischen Befunden zur Gestaltung von Lehrerfortbildungen (Lipowsky & Rzejak, 2012), konnten folgende zentrale Herausforderungen und Leitlinien identifiziert werden, die bei der Konzeptionierung einer IWB-Fortbildung für Chemielehrkräfte handlungsleitend sind.

- Die neigungs- und kompetenzspezifische Differenzierung der Lehrkräfte in Gruppen mit ähnlichen Eingangsvoraussetzungen auf der Basis einer vorigen Analyse der individuellen Bedürfnisse sowie der anschließenden Zuweisung zu einem in Kleingruppen zu bearbeitenden Modulkatalog.
- Die chemiespezifische Ausrichtung der Fortbildung durch Vermittlung grundlegender und erweiterter Kompetenzen anhand prototypischer Einsatzszenarien aus dem Chemieunterricht, die zusammen mit den themenbezogenen Beispielen guter Praxis und den integrierten Peripheriegeräten die Einbindung digitaler Tafeln für die Modellierung chemischer Phänomene und für die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten aufzeigen.
- Die Schulung ganzer Chemie-Fachgruppen zur Förderung professioneller Lerngemeinschaften, in denen neben dem Materialaustausch auch die Ko-Konstruktion von Unterricht im Team erfolgt und Handlungsprodukte weiterentwickelt werden

Untersuchungsdesign zur Evaluation der Intervention
Die nach den obigen Wesenszügen konzipierte IWB-Fortbildung für Chemielehrkräfte wurde für den zweiten Forschungsteil im Rahmen einer Feldstudie mit experimentellen und quasiexperimentellen Anteilen als Vergleichsgruppendesign erprobt, wobei 30 Lehrkräfte die Interventionsgruppe und 29 Lehrkräfte die Kontrollgruppe bildeten (Abb. 1).

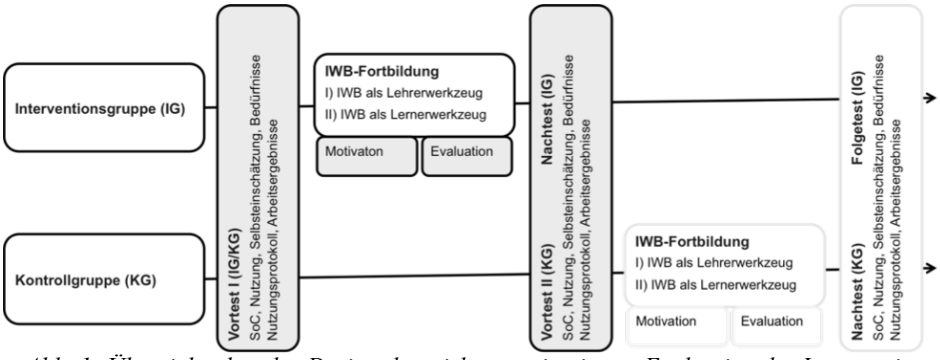


Abb. 1: Übersicht über das Design der wirkungsorientierten Evaluation der Intervention

Der Fokus der Untersuchung lag auf einer wirkungsorientierten Evaluation, wobei die Prüfung der Wirksamkeit der Intervention im Hinblick auf die Veränderungen von Einstellungen und Kenntnissen der Lehrkräfte gegenüber digitalen Tafeln und beobachteten Nutzungsweisen von primärem Interesse war. Nachgeordnet erfolgte eine kategoriengestützte Beurteilung der Fortbildung durch die Teilnehmenden zwecks Optimierung der Fortbildung. Zur Erfassung der Einstellungsmuster und der Einsatzweisen des IWB im Unterricht wurden die sich bereits im ersten Forschungsteil bewährten Fragebogeninstrumente herangezogen. Zusätzlich dienten Handlungsprodukte aus dem konkreten Unterricht (Artefakte) der Prüfung des Transfers der geschulten Kompetenzen und somit der Prüfung der Anschlussfähigkeit der Fortbildungsinhalte. Die Instrumente wurden in beiden Gruppen zu zwei Testzeitpunkten angewandt (vgl. Abb. 1).

Ausgewählte Ergebnisse[1]
Die Prüfung der Einstellungsmuster gegenüber dem IWB und dessen Nutzung zum Testzeitpunkt 1 (Vortest 1) hat gezeigt, dass Interventions- und Kontrollgruppe als homogen bezüglich der beiden genannten Dimensionen angesehen werden können, ein Vergleich der Kompetenzentwicklung somit statthaft ist. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der wirkungsorientierten Evaluation die Wertigkeit und Funktionalität der durchgeführten Intervention. Nahezu alle Lehrkräfte der Interventionsgruppe erreichen nach der Fortbildungsteilnahme höhere SoC-Interessenslagen, was für eine größere Vertrautheit mit diesem digitalen Werkzeug spricht. Hinsichtlich der Nutzungsweisen des IWB befinden sich die Lehrkräfte der Interventionsgruppe auf einer fortgeschrittenen Kompetenzentwicklungsstufe nach Sweeney (2008), was sich vor allem an der Nutzung einer breiteren Palette an Werkzeugen der IWB-Software, der häufigeren Nutzung von Peripheriegeräten (Dokumentenkamera, Messwerterfassung), dem deutlich größeren Planungsgrad des Chemieunterrichts mithilfe der IWB-Software und dem größeren Maß an Interaktion zwischen dem IWB und den Lernenden äußert – letzteres insbesondere in Unterrichtsphasen der Modellierung chemischer Vorgänge

[1] Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist in der Dissertationsschrift von Herrn Sieve mit dem Titel „Digitale Tafeln als Innovation für den naturwissenschaftlichen Unterricht - evidenzbasierte Entwicklung und Evaluation einer Fortbildungsmaßnahme für Chemielehrkräfte“ zu finden.

auf der symbolischen Ebene. Die Unterschiede im Vorher-Nachher-Vergleich waren in den hier aufgeführten Fällen z. T. höchst signifikant. Die Lehrkräfte der Kontrollgruppe bleiben zum Testzeitpunkt 2 auf demselben Kompetenz- und Einstellungsniveau. Die Progression der Lehrkräfte der Interventionsgruppe erfolgt dabei nahezu unabhängig von den individuellen Eingangsvoraussetzungen, was die Passung der Niveauzuordnung der Lehrkräfte und die Wertigkeit der Differenzierungsmaßnahmen unterstreicht. Die fachspezifische Ausrichtung der Fortbildung und die Integration von erprobten Beispielen aus dem Chemieunterricht haben sich als besonders wertige Maßnahme zur Erhöhung der Kohärenz zum Unterrichtsalltag erwiesen, was vor allem der Vergleich der Artefakte zu den beiden Testzeitpunkten zeigt. Auch das Konzept der fachgruppeninternen Schulungen kann als erfolgreich angesehen werden, da in der Interventionsgruppe eine signifikante Erhöhung der Kooperation im Sinne des Austauschs von IWB-Materialien sowie der gemeinsamen Ko-Konstruktion (vgl. Gräsel & Parchmann, 2004) von IWB-Unterrichtsmaterialien festzustellen ist. Letzteres ist jedoch im Vergleich zum Materialaustausch noch immer deutlich seltener instrumentalisiert.

Fazit

Resümierend lässt sich für das hier vorliegende Forschungsvorhaben feststellen, dass einerseits die Ausgangslage zur Nutzung digitaler Tafeln im Unterricht weiterführender Schulen in einer Breite erfasst wurde, wie sie nach Kenntnis der Autoren in Deutschland bisher noch nicht vorliegt, insbesondere nicht für die mathematisch-naturwissenschaftliche Fachdomäne. Die dazu adaptierten und neu entwickelten Instrumente sind gut geeignet und vor allem von hinreichender Güte, um sowohl die IWB-bezogenen individuellen Einstellungsmuster von Personen als auch die geäußerten und praktizierten Nutzungsweisen digitaler Tafeln im Unterricht zu erfassen und kategoriengeleitet zu analysieren. Im Rahmen der Studie wurden weiterhin tragfähige theorie- und evidenzbasierte Leitlinien für die Konzeption adressatengerechter und zum Unterricht kohärenter Unterstützungsmaßnahmen abgeleitet und in ein mehrstufiges, modulares, chemiespezifisches Fortbildungskonzept übertragen. In der Erprobung hat sich die Konzeption als wertig und sehr anschlussfähig zur Unterrichtspraxis erwiesen. Die Bewertungen zur Akzeptanz, zum Inhalt und zur Gestaltung der chemiespezifischen Lehrerfortbildung fielen dabei überwiegend sehr positiv aus.

Literatur

Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004): Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Unterrichtswissenschaft, 32(3), 196-214.

Hall, G.E. & Hord, S.M. (2006): Measuring implementation in schools. Using the toools of the Concerns-Based-Adoption-Model. Austin: Southwest Educational Development Laboratory.

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012): Lehrerinnen und Lehrer als Lerner - Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. Schulpädagogik heute, 1-17.

Schanze, S. & Sieve, B. (2012): IWB-Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht? Ja, aber wie? In: Bernholdt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, Band 33, 446-448. Kiel: IPN.

Sieve, B. & Schanze, S. (2013): Was denken MINT-Lehrer über ihren Umgang mit dem interaktiven Whiteboard? In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, 449-451. Kiel: IPN.

Slay, H., Siebörger, I. und Hodgkinson-Williams, C. (2008): Interactive whiteboards: Real beauty or just "lipstick"? Computer & Education, 51, 1321-1341.

Smith, H.J., Higgins, S., Wall, K. & Miller, J. (2005): Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature. Journal of Computer Assisted Learning, 21, 91-101.

Sweeney, T. (2008): Transforming learning with interactive whiteboards - towards a developmental framework. Australian Educational Computing, 2, 24-31.

Sönke Graf Pädagogische Hochschule Heidelberg
Manuela Welzel-Breuer

Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche

In den Jahren 2008-2010 fand unter der Mitwirkung von sieben internationalen Partnern aus sechs europäischen Ländern die Entwicklung eines europäischen Fortbildungskurses für Naturwissenschaftslehrer im Rahmen eines Comeniusprojektes statt. Der Fortbildungskurs trug den Titel: „The Effective Use of Computer Aided Teaching and Learning Materials in Science Education“. Der Fortbildungskurs wurde bisher zweimal durchgeführt – einmal 2011 in Patras, Griechenland und einmal 2013 in Lyon, Frankreich. Der Kurs hatte eine blended learning Struktur mit zwei Distanzlernphasen (jeweils davor und danach) von 1-3 Monaten, welche über die E-Learning Plattform „Moodle“ durchgeführt wurde. Nach der ersten Distanzlernphase kamen die Lehrer in Patras Griechenland zu ihrer ersten gemeinsamen Face-to-Face Fortbildung zusammen. An diese Phase schloss sich eine weitere Distanzlernphase an.

Betrachtet man die Kontexte, unter denen Lehrerweiterbildung stattfindet genauer, so findet man einige schwer auflösbare Schwierigkeiten:
Die zunehmende Komplexität sowie wachsende Anforderungen im Arbeitsumfeld zwingen Lehrer sich aus Zeitgründen auf ausgewählte Bereiche ihres Faches zu spezialisieren. Zur Erhaltung eines breitgefächerten Fach- und Methodenrepertoires bedarf es der Information oder des Austausches mit Kollegen oder Spezialisten anderer Bereiche des eigenen Faches (Heise, 2009; OECD, 2014; Wenger, McDermott & Snyder, 2002). Formale Lehrerfortbildungen, kollidieren nachweislich sehr häufig mit den Arbeitszeiten von Lehrern (Heise, 2009; OECD, 2014) und werden daher oft nur wahrgenommen, wenn sie ausreichend kurz sind – oft wird in Fortbildungen dann an der notwendigen Reflexion der Inhalte in bzw. an der eigenen Praxis gespart. Maren Heise zieht daraus den folgerichtigen Schluss: „Wir brauchen neue Lernformen, welche sich eher informell „on the job“ vollziehen lassen.“ (Heise, 2009). Wir sind jedoch der Meinung, dass Heise einige Vorteile von formalen Fortbildungen nicht im Blick hatte, welche sich durch Lernformen „on the job“ alleine nicht ersetzen lassen:

- Formale Fortbildungen können gezielt Reflexionszeit außerhalb des eng getakteten eigenen Arbeitsalltages bieten.
- Formale Fortbildungen stellen eine wichtige Schnittstelle zwischen Bildungsforschung und Praxis dar.
- Formale Fortbildungen sind Treffpunkte von Kollegen mit gleichartigen Interessen aber auch z. T. unterschiedlicher Herkunft (vgl. Granovetter, 1973).

Mit dieser Studie versuchen wir Ansatzpunkte für ein Kursdesign zu finden, welche „informellere“ Formen und formale Lehrerfortbildung produktiv verknüpfen. Es sollen Ansatzpunkte für die Stärkung von Netzwerkbildung der Lehrer untereinander, zur Verbesserung der Langlebigkeit und damit der Nachhaltigkeit von naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildungskursen gefunden werden. Um hierbei Hypothesen zu gewinnen, ist es zielführend, zunächst das Kommunikationsverhalten der Lehrer im Rahmen eines Lehrerfortbildungskurses eingehend zu untersuchen. Unsere Forschungsfrage lautet entsprechend:

Inwiefern nutzen Lehrer die Möglichkeiten internationaler und interkultureller Kommunikation innerhalb des CAT-Kurses im Hinblick auf das Lehren und Lernen von Naturwissenschaft?

Hierzu wurden in der einwöchigen Face-to-Face Phase der internationalen Lehrerfortbildung in Patras Audio-Aufnahmegeräte mit der Aufforderung ausgeteilt, bei informellen Phasen im Einverständnis mit allen anderen Teilnehmern die sich ergebenden Gespräche aufzuzeichnen. Die Gespräche wurden mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) in der induktiven Variante nach Themen kodiert. Die gesamte Aufnahmezeit der Lehrergespräche beträgt 26:03:31 h. Bisher wurden 32727 Kodierungen vorgenommen, dies entspricht rund 82 % der Gesamtauswertung der informellen Lehrergespräche. Die entstandenen Einzelkategorien wurden gruppiert. Es ergab sich für die Metakategorien die folgende Verteilung an Gesprächsbeiträgen innerhalb informeller Phasen des Kurses:

Tabelle 1 Anzahl der Beiträge nach übergeordneten Kategorien

Kulturelles	**Professions-bezogenes**	Teilnehmer oder Trainer	Geschehen während der F2F-Woche	Beiläufige Unterhaltungen (Essen & Trinken, Wetter, Finanzielles)
8364	**7271**	7184	5859	3932

Auffallend ist der hohe Anteil professionsbezogener Gespräche, aus der sich die erste Hypothese ergibt:

Hypothese 1:
Internationale Naturwissenschaftslehrerfortbildung sind Orte informeller Gespräche über den Beruf und damit Orte informellen, professionsbezogenen Austausches.

Bei näherer Betrachtung der professionsbezogenen Themen bezüglich der zugehörigen Einzelkategorien ergibt sich das folgende Bild:

Tabelle 2 Beiträge der Einzelkategorien aus dem Bereich Professionsbezogenes

Persönliche Situation im Beruf	2073	Biologie	432
Computer/Computernutzung	828	Professionalisierung und Qualifizierung	388
Bildungssystem	768	Teilen von Anekdoten mit Bezug zu professionsbezogenen Themen	342
Unterrichtsmethoden	739	Forschung	264
Meinungen (zu professionsbezogenen Themen)	521	Exkursionen	56
Technisches	446	Chemie	48

Die persönliche Situation im Beruf machte mehr als ein Viertel aller professionsbezogenen Unterhaltungen aus. Es folgten das Thema der Fortbildung (Computer/Computernutzung) sowie Gespräche über das Bildungssystem und Unterrichtsmethoden. Daraus folgt:

Hypothese 2:
In ihren professionsbezogenen Gesprächen thematisieren Lehrkräfte insbesondere die persönlichen Bezüge und Bedingungen in ihrem Berufsalltag.

Schaut man sich alle Einzelkategorien des gesamten Codesystems nach Anzahl der Beiträge an, teilen sich die Häufigkeiten der geleisteten Beiträge folgendermaßen auf:

Tabelle 3 Ranking aller Einzelkategorien nach Beiträgen in Prozent

Geschehnisse während der Woche	**9,5 %**	**Allg. Austausch über Kultur**	**6,1 %**
Essen und Trinken	**9,1 %**	**Sprache**	**5,4 %**
Scherze zum Auflockern	7,9 %	**Politik**	**4,4 %**
Persönliche Situation im Beruf	7,5 %	**Vergleich der Kulturen**	**4,3 %**
Persönlich werden	**6,5 %**		

Bei der genaueren Betrachtung dieses Rankings der Einzelkategorien fiel uns auf, dass die fettgedruckten Kategorien jeweils starke situative Bezüge aufweisen. Daraus folgern wir:

Hypothese 3:
Situative Kontexte bestimmen die Gesprächsinhalte der Fortbildungsteilnehmer maßgeblich.

Für uns ist dies ein deutlicher Hinweis auf die mögliche Bedeutung von Situated Cognition (Lave & Wenger, 1991) für die Gestaltung von Lehrerfortbildungen.
Unsere zweite Forschungsfrage widmete sich der Analyse des Kommunikationsverhaltens zwischen den Teilnehmern des Lehrerfortbildungskurses. Hier verglichen wir zunächst die Gesprächsanteile der Teilnehmer untereinander. Dabei stellten wir fest, dass die folgenden Personengruppen verstärkt miteinander Kontakt hatten und sich unter den drei Häufigsten aller betrachteten Gesprächspartner fanden:
- Personen, die sich vor der Fortbildung schon kannten
- Personen, die während der Fortbildung gemeinsam untergebracht wurden
- Personen gleicher Muttersprachen (mindestens eine Person unter den Häufigsten 3)

Aus diesen Beobachtungen können wir zusammenfassend folgende Hypothesen für Grundsätze der Fortbildungsgestaltung ableiten:
- Fortbildungen sollten als Orte informellen Austausches und als Wiege möglicher Netzwerke begriffen und gefördert werden. Wir empfehlen das Einräumen von Zeit für diesen Austausch.
- Lehrer zeigen eine hohe Affinität zu persönlichen Themen auch in beruflichen Kontexten. Beziehen Sie die individuelle Berufspraxis in den Kurs mit ein und nutzen Sie diese Gesprächsanlässe für Ihre Fortbildungsinhalte.
- Das Umfeld in dem sich Lehrer aufhalten, nimmt immer Einfluss auch auf tiefergehende Gespräche. Gestalten Sie die Räume, in denen sich Fortbildungsteilnehmer (gerade auch in den Pausen) aufhalten, aktiv im Sinne ihres Fortbildungsinhaltes (kleine Experimente, Cue-Cards etc.)
- Die Unterbringung der Teilnehmer hat starke Auswirkungen auf die informelle Gesprächsaktivität. – Nutzen sie diese Tatsache ggf. um Vernetzungen zu fördern bzw. verhindern Sie diese nicht.

Literatur

Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. American Journal of Sociology, 78(6), 1360–1380

Heise, M. (2009). Informelles Lernen von Lehrkräften : ein Angebots-Nutzungs-Ansatz. Münster ;München [u.a.]: Waxmann

Lave, J., & Wenger, E. (1991). Situated learning : legitimate peripheral participation. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press

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

OECD. (2014). TALIS - The OECD Teaching and Learning International Survey. Retrieved August 12, 2014, from http://www.oecd.org/edu/school/talis.htm

Wenger, E., McDermott, R. A., & Snyder, W. (2002). Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge. Boston, Mass: Harvard Business School Press

Stephan Fraß RWTH Aachen
Heidrun Heinke

Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen

Trotz der gewachsenen Bedeutung der Diagnostik experimenteller Prozesse trifft man auf große Schwierigkeiten bei der Suche nach hierfür geeigneten Instrumenten. Speziell fehlt es an Möglichkeiten, experimentelle Prozesse in der Phase der Versuchsdurchführung zuverlässig so zu dokumentieren, dass einerseits die experimentellen Prozessparameter mit einer für die Beurteilung der Prozessqualität notwendigen Genauigkeit vorliegen, andererseits dies auch für größere Probandenzahlen mit vertretbarem Aufwand auswertbar ist. Als Ausweg aus dieser Problematik sind mehrfach Simulationen von Experimenten eingesetzt worden, deren Logdateien ein detailliertes Nachvollziehen der Prozesse bei der Durchführung der Simulation erlauben (vgl. z. B. Gößling, 2010; Schreiber, 2012). Allerdings sind diese Simulationen keine vollständige Abbildung der realen Experimentiersituation. Der so dargestellte virtuelle „Experimentierraum“ (gemäß Klahr & Dunbar, 1998) gibt Fehlerquellen und Fehlerpfade nur eingeschränkt wieder und kann Handlungsverläufe für einen Benutzer zwar im Sinne einer „direkten Manipulation“ (Shneiderman, 1982) intuitiv erfassbar machen (Schulz, 1998), aber sensomotorische Einflüsse beim Experimentieren nicht berücksichtigen.
Vor diesem Hintergrund wurde in Vorbereitung einer Interventionsstudie zur Lernwirksamkeit interaktiver Bildschirmexperimente bei der Schulung experimenteller Fertigkeiten, hier beim Aufbau und bei der Justage eines optischen Experiments (Fraß, im Druck), ein neuartiges Instrument zur diagnostischen Betrachtung des experimentellen Prozesses am Realexperiment entwickelt. Dieses Instrument kann auf optische Experimente auf einer optischen Bank angewendet werden und gestattet eine automatisierte Diagnose und Bewertung der experimentellen Prozessabläufe am Realexperiment mit hoher zeitlicher Auflösung auch für große Probandenzahlen. Hierfür werden die wesentlichen prozeduralen Objektdaten wie die horizontale bzw. vertikale Position und die Einstellung jedes optischen Bauteils mithilfe von Laserdioden, einer Kamera und einem Videoanalyseprogramm erfasst und einer weiteren automatisierten Auswertung zugänglich gemacht. Im Folgenden werden die technische Umsetzung und mögliche Auswertungsansätze anhand eines Beispieldatensatzes für den optischen Aufbau eines Versuchs zur Untersuchung des Photoeffekts vorgestellt.

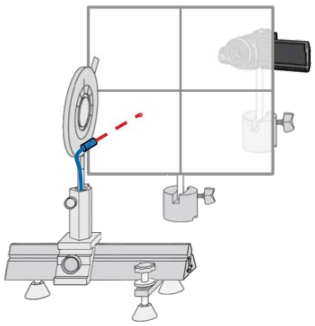


Abb. 1: Schematische Darstellung des Funktionsprinzips des Erhebungsinstrumentes am Beispiel der Irisblende. Alle Bauteile werden mit Laserdioden bestückt, die jeweils einen Lichtpunkt auf einen dahinterliegenden Schirm projizieren. Der zeitliche Verlauf der Lichtpunkte wird von einer Kamera aufgezeichnet und mittels eines Videoanalyseprogramms ausgewertet.

Das Erhebungsinstrument

Der Versuchsplatz ist durch einen halbtransparenten Schirm in zwei Hälften getrennt. In der vorderen Hälfte befindet sich der reguläre Versuchsaufbau bestehend aus einer optischen Bank mit diversen optischen Reitern (hier mit einer Hg-Lampe, Irisblende, Linse, Photozelle). Alle optischen Bauteile sind mit Laserdioden versehen, die so an ihnen befestigt sind, dass alle einstellbaren Freiheitsgrade (horizontale Position, vertikale Position bzw. Blendenöffnung) durch je einen Lichtpunkt auf dem Schirm abgebildet werden (vgl. Abbildung 1). Damit die Lichtpunkte deutlich sichtbar werden, keine Re-

flexionen in Richtung der Probanden auftreten und die Erhebungsseite nicht einsehbar ist, wurde die Acrylglasplatte auf der Probandenseite aufgeraut. Der zeitliche Verlauf der Lichtpunkte wird auf der Erhebungsseite von einer Kamera gefilmt und später durch ein Videoanalyseprogramm wie *Tracker* oder *MeasureDynamics* ausgewertet. Auf diese Weise erhält man für jeden Freiheitsgrad zu jedem Bauteil ein Verlaufsdiagramm, wie es in Abbildung 2 (oben) exemplarisch für die Irisblende dargestellt ist.

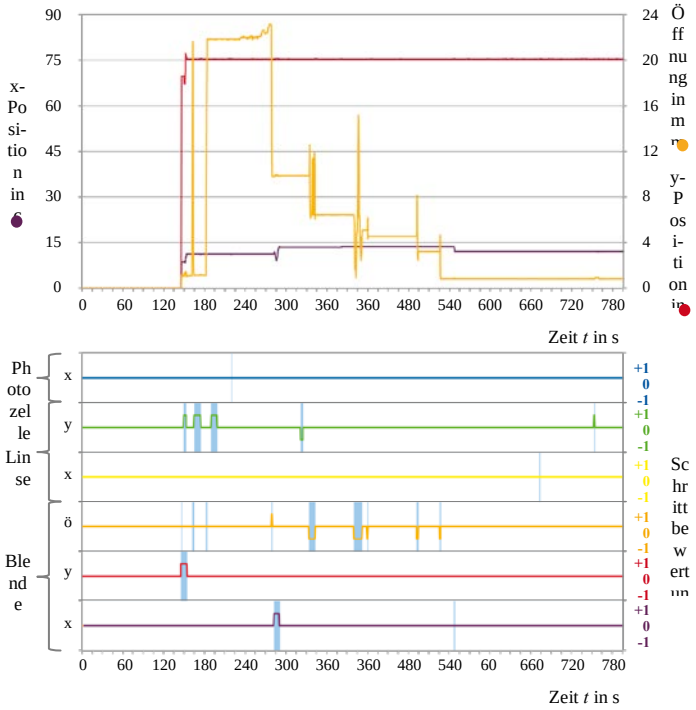


Abb. 2: (Oben) Verlaufsdiagramm für die drei Freiheitsgrade (x-Position, y-Position und Öffnungsdurchmesser) der Irisblende. (Unten) Schrittdiagramm und Schrittbewertung für alle Bauteile. Blau hinterlegt sind die aus den Verlaufsdiagrammen detektierten Schritte. Farbig darüber liegen die jeweiligen Bewertungen.

Schritterkennung

Zur Analyse des Aufbau- und Justageprozesses des optischen Experiments ist es zweckmäßig, den Prozess in mehrere Teilprozesse aufzuteilen, die wir experimentelle Schritte nennen. Ein solcher Schritt ist als „die ununterbrochene Einstellung eines Freiheitsgrades oder das Aufsetzen eines Bauteils auf die optische Bank“ (Fraß, 2014) definiert.

Die Diagnostik experimenteller Prozesse für große Probandenzahlen erfordert eine automatisierte Erkennung der experimentellen Schritte. Hierzu müssen Schwellenwerte für die zeitliche und räumliche Abgrenzung der einzelnen Schritte geeignet gewählt werden. Diese Schrittdefinition lässt sich zum einen durch eine geeignete Wahl relevanter Schwellenwerte realisieren. Diese Werte legen für einen Freiheitsgrad fest, wie groß die detektierte Differenz zwischen den Werten zweier Frames (Bildrate: 2fps) mindestens sein muss, um als Ereignis detektiert zu werden. Sie hängen maßgeblich von der Messgenauigkeit des verwendeten Videoanalyseprogramms ab. Zum anderen muss ein zeitliches Homogenisierungsmaß definiert werden. Zur zeitlichen Abgrenzung der einzelnen Schritte wird ein Zeitwert gesucht, um den sich zwei detektierte Ereignisse desselben Freiheitsgrades zeitlich maximal unterscheiden dürfen, damit sie noch als „ununterbrochene Einstellung“ dieses Freiheitsgrades angesehen und deshalb in einem Schritt zusammengefasst werden können. Hierfür wird zunächst die im Datensatz vorhandene minimale zeitliche Differenz zwischen zwei Ereignissen unterschiedlicher Freiheitsgrade gesucht, da hier in jedem Fall gemäß der Definition zwei unterschiedliche Schritte stattgefunden haben müssen. Mit Hilfe der genannten Kriterien kann ein geeigneter Algorithmus aus dem Verlaufsdiagramm der einzelnen Objektdaten eine zeitlich ska-

lierte Schrittabfolge extrahieren (vgl. Abbildung 2 unten). Die Identifizierung der in Abbildung 2 (unten) blau hinterlegten experimentellen Schritte bildet den Grundstein für eine weitere automatisierte Auswertung in Form der Bewertung dieser Schritte.

Schrittbewertung

Die Bewertung der Prozessqualität beim Experimentieren wird auf die Wirkungen der einzelnen Schritte bei der Versuchsdurchführung zurückgeführt. Im vorliegenden Fall bestand die Aufgabe der Experimentatoren darin, Blende, Linse und Photozelle so zu justieren, dass „die beleuchtete Fläche auf der Photokathode so groß wie möglich, der Anodenring jedoch nicht getroffen wird“ (Praktikumsanleitung MTL 1.1, 2014). In die Lösung dieser Aufgabe sind in komplexer Weise alle aufgeführten Bauteile involviert. Daher werden für die Bewertung keine bauteilspezifischen Kriterien herangezogen, sondern es wird das genannte Ziel zugrunde gelegt. Dazu werden die Position des Leuchtflecks bzgl. des Kathodenmittelpunktes, die beleuchtete Fläche auf der Kathode (dient hier als optischer Schirm) und das Kriterium eines unbeleuchteten Anodenrings als Bewertungsmaße verwendet. Aus den aufgezeichneten Objektdaten der Bauteile kann die Position und die Größe des Leuchtflecks auf der Kathode der Photozelle rekonstruiert werden. Ein Vergleich des Zustands zu Beginn eines experimentellen Schrittes mit dem am Ende lässt dann eine bewertende Aussage über die Progression durch den betrachteten Schritt bei der optischen Justage des Versuchsaufbaus zu. Es wird ein trichotomes Bewertungsmaß angestrebt, das die Schritte hinsichtlich einer Verbesserung (+1), Verschlechterung (-1) oder Stagnation (0) des Justagezustandes einteilt. Da alle Bewertungskriterien aus dem erfassten Verlaufsdiagramm ermittelt werden können, ist auch an dieser Stelle eine automatisierte Bewertung aller Schritte möglich, deren Ergebnis für den Beispieldatensatz in Abbildung 2 (unten) gezeigt ist.

Ausblick

Es ist gelungen, das Verlaufsdiagramm des experimentellen Prozesses beim Aufbau und bei der Justage eines optischen Versuchs mit hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung aufzunehmen, in einem automatisierten Verfahren in verschiedene Schritte einzuteilen und diese hinsichtlich ihres Einflusses auf den Justagezustand des gesamten Aufbaus zu beurteilen. Damit sind die Grundlagen gelegt um ein umfassendes latentes Konstrukt der Güte experimenteller Prozesse am Beispiel der optischen Justage zu formulieren. Dieses Konstrukt soll sowohl den finalen Justagezustand als produktorientierten Aspekt als auch prozessorientierte Aspekte der Justage wie die Anzahl der Schritte pro Freiheitsgrad, die Zielgerichtetheit innerhalb eines Schrittes, die durchschnittliche Schrittbewertung, die Gesamtjustagezeit und die reine Justagezeit beinhalten. Ist dies gelungen, soll das so definierte mehrdimensionale Konstrukt durch ein Expertenrating validiert und ggf. angepasst werden, um nachfolgend bei der Bewertung experimenteller Prozesse zum Einsatz zu kommen.

Literatur

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

Gößling, J. M. (2010): Selbständig entdeckendes Experimentieren: Lernwirksamkeit der Strategieanwendung (Dissertation). Essen: Universität Duisburg-Essen.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1998): Dual Space Search During Scientific Reasoning. In: Cognitive Science 12, S. 1-48

Shneiderman, B. (1982): The future of interactive systems and the emergence of direct manipulation. Behavior & Information Technology, 1(3): 237-256

Schulz, A. (1998): Interfacedesign: Die visuelle Gestaltung interaktiver Computeranwendungen (Dissertation). St. Ingberg: Röhring Universitätsverlag

Fraß, S. (in Druck). Können IBE experimentelle Fertigkeiten vermitteln? Entwicklung eines prozessorientierten Analyseinstrumentes. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.) PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Frankfurt.

RWTH Aachen (Hrsg.) (2014): Praktikumsanleitung zum Versuch MTL 1.1 Photoeffekt. S. 4

Jan-Henrik Kechel Universität Kassel
Rita Wodzinski

Methoden zur Erfassung von Schwierigkeiten bei Schülerexperimenten

Ausgangslage und Forschungsanliegen

Ebenso wie Schülerexperimente im Zusammenhang mit der Einführung der Bildungsstandards Physik (KMK, 2004) an Bedeutung gewonnen haben, ist auch die Frage nach einem angemessenen Umgang mit der immer größer werdenden Heterogenität an deutschen Schulen (Trautmann & Wischer, 2011, S. 7) in den Mittelpunkt gerückt. Einen vielversprechenden Lösungsansatz hierfür stellt das Konzept der (inneren) Differenzierung dar (z. B. Wodzinski & Wodzinski, 2007, S. 5). Einer Möglichkeit, beide Aspekte – Schülerexperimente und Differenzierung – im Physikunterricht miteinander zu verknüpfen, wurde in dem Projekt „Experimente mit gestuften Lernhilfen" der Universität Kassel nachgegangen (Wodzinski et al., eing.): Entsprechend ihrer individuellen Fähigkeiten konnten Schülerinnen und Schüler beim Bearbeiten einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz auf vorgefertigte gestufte Hilfekarten zurückgreifen. Wider Erwarten wurden im Rahmen dieser Studie keine eindeutigen Effekte der gestuften Hilfen auf den Lernerfolg der Lernenden festgestellt. Als eine Erklärung hierfür kann angeführt werden, dass die von den Schülerinnen und Schülern benötigten Lernhilfen möglicherweise nicht mit den tatsächlich angebotenen übereinstimmten. Im Rahmen des DiSiE-Projekts der Universität Kassel soll daher der Frage nachgegangen werden, *welche Schülerschwierigkeiten tatsächlich beim eigenständigen Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz in der Praxis auftreten.*
Aus Sicht der Forschung genügt es für eine gelungene Differenzierung aber nicht, den Fokus ausschließlich auf die Lernenden zu richten – es gilt auch die Sichtweise der Lehrkräfte zu berücksichtigen: Diese müssen die Vielfalt ihrer Schülerinnen und Schüler erkennen, um diese im Unterricht nutzen zu können (Wodzinski & Wodzinski, 2007, S. 9). Hierzu ist eine ausgeprägte diagnostische Kompetenz seitens der Lehrperson notwendig, die jedoch im Studium sowie in Fortbildungen kaum entwickelt und gefördert wird (Helmke, 2010, S. 253). Die aufgeworfene Frage nach den Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz wird daher auf die Frage ausgeweitet, *inwiefern sich diese Schwierigkeiten in ein zu entwickelndes, praktikables Modell einordnen lassen,* das die Lehrpersonen für die Thematik Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren sensibilisieren und sie bei deren Diagnose unterstützen soll. Dieser Beitrag legt einen Fokus auf die methodische Umsetzung dieses Vorhabens und stellt erste, vorläufige Ergebnisse vor.

Theoretische Vorarbeiten

Ein erster Ansatz zur umfassenden und praxisnahen Beschreibung der Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren ist bei Kechel & Wodzinski (2013) zu finden, die eine Unterscheidung in innenbedingte, lehrbedingte, sachbedingte und sozialbedingte Lernschwierigkeiten vornehmen. Da bei dieser Kategorisierung aber weder der Experimentierprozess berücksichtigt noch auf die den Schwierigkeiten zugrundeliegenden Ursachen eingegangen wird, gilt es, dieses Modell zu optimieren. Für eine differenziertere Beschreibung der Schülerschwierigkeiten und deren Ursachen bietet sich eine Systematisierung von Lernschwierigkeiten aus dem Bereich der Sonderpädagogik nach Heimlich (2009, S. 35) an. Der Experimentierprozess lässt sich durch experimentelle Teilschritte beschreiben, die an die experimentellen Teilkompetenzen nach Nawrath, Maiseyenka & Schecker (2011, S. 43) angelehnt sind. Fügt man beide Ansätze zusammen, ergibt sich folgendes Modell (Abb. 1):

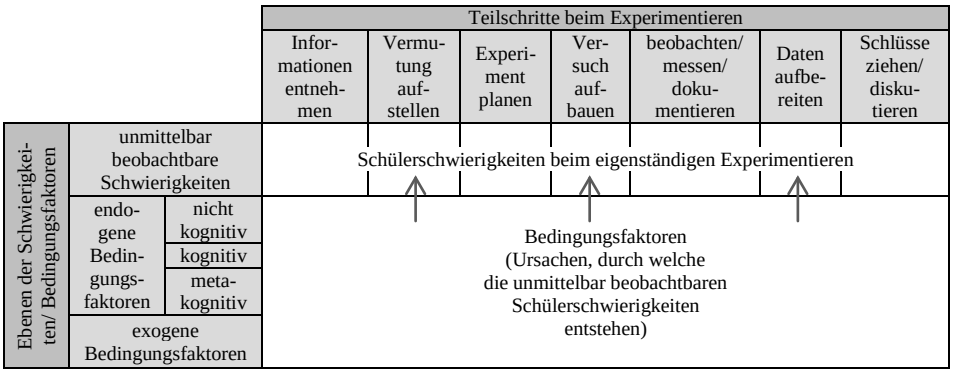


Abb. 1: Modell der Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren.

Methodische Umsetzung

In einer Laborstudie mit zehn Schülerpaaren aus zwei 8. Gymnasialklassen, die bereits das Hooke'sche Gesetz kannten, wurde eine Experimentieraufgabe eingesetzt, bei der möglichst exakt die Masse einer Bonbontüte herauszufinden ist. Dies soll unter Verwendung des Hooke'schen Gesetzes und mithilfe von Stativmaterial, einer Feder, eines Zollstocks sowie dreier Alltagsgegenstände, deren Massen allesamt bekannt sind, erfolgen. Um die Schülerschwierigkeiten bei der Bearbeitung dieser Experimentieraufgabe herauszuarbeiten und diese in einem nächsten Schritt in das vorgestellte Modell einzuordnen, wurden die Schülerpaare während ihres Experimentierprozesses gefilmt. Die entstandenen Videos werden mithilfe des Programms Videograph (Rimmele, 2013) in zwei Schritten ausgewertet: Zunächst wird der Experimentierprozess mittels einer niedrig-inferenten Kodierung anhand der o. g. Teilschritte beim Experimentieren unterteilt, bevor mittels einer hoch-inferenten Kodierung die unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeiten herausgearbeitet und diesen Teilschritten zugeordnet werden. Des Weiteren wurde den teilnehmenden Schülerpaaren ein bis zwei Tage nach der Durchführung des Experiments das Video ihres Experimentierprozesses vorgeführt. Dabei wurden sie zu den Ursachen der unmittelbar beobachtbaren Schwierigkeiten befragt. Diese Stimulated-Recall-Interviews werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) analysiert, mit dem Ziel, die Bedingungsfaktoren der Schwierigkeiten herauszuarbeiten und diese den unmittelbar beobachtbaren Schwierigkeiten zuzuordnen.

Erste Ergebnisse

Bislang wurden fünf Videos anhand der niedrig-inferenten Kodierung ausgewertet. Über alle ausgewerteten Videos gemittelt zeigt sich, dass ein Großteil der Experimentierzeit für das Beobachten, Messen und Dokumentieren (34,0 %) sowie das Datenaufbereiten (34,3 %) verwendet wird, die Teilschritte Vermutung aufstellen (0,1 %), Experiment planen (1,3 %) und Schlüsse ziehen (3,0 %) jedoch nahezu keine Anwendung finden.

In den fünf analysierten Videos konnte zudem eine Vielzahl an Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz aufgedeckt werden und es ließen sich für einige der beobachteten Schwierigkeiten mit Hilfe der Stimulated-Recall-Interviews die zugehörigen Bedingungsfaktoren herausarbeiten. Im Folgenden werden die bislang am häufigsten aufgetretenen Schülerschwierigkeiten und Bedingungsfaktoren aufgelistet und in das vorgestellte Modell eingeordnet (Abb. 2):

- A: Messungenauigkeiten (aufgetreten bei 5 von 5 Experimentierpaaren)
- B: Schwierigkeiten bei der Handhabung der Tischklemme (4/5)
- C: Verwendung der Gesamtlänge statt der Längenänderung bei der Anwendung des Hooke'schen Gesetzes (4/5)

- D: Ungenauigkeit des Ergebnisses durch fehlende Mittelwertbildung (4/5)
- E: Schwierigkeiten bei der Anwendung der Formel zum Hooke'schen Gesetz (4/5) bedingt durch fehlendes Wissen über die Formel zum Hooke'schen Gesetz (4/5)
- F: Schwierigkeiten bedingt durch das Überlesen von Textinformationen (3/5)
- G: Unvollständigkeit der Versuchsbeschreibung (3/5) bedingt durch eine missverständliche Aufgabenformulierung bzgl. des Protokolls (2/5)

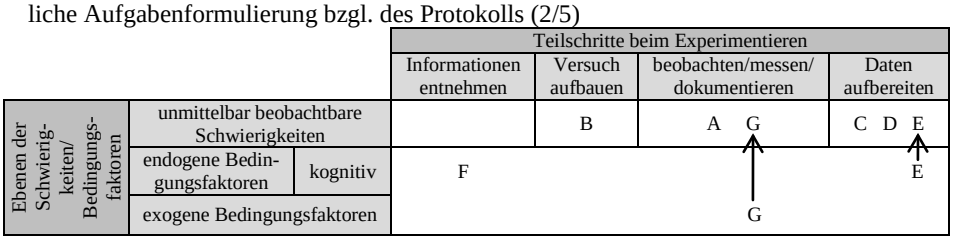


Abb. 2: In das Modell eingeordnete Schülerschwierigkeiten und Bedingungsfaktoren

Neben der allgemeinen Beschreibung und Einordnung der Schülerschwierigkeiten und Bedingungsfaktoren können auch Einzelfalluntersuchungen durchgeführt werden. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise sehr anschaulich zeigen, wie durch eher unwesentlich erscheinende Faktoren immense Schwierigkeiten für die Schülerinnen und Schüler entstehen können. So verwarfen in der Studie zwei Schülerinnen ihre fast richtige Lösung u. a. deshalb, weil sie bereits 20 Minuten vor Ablauf der vorgegebenen Experimentierzeit fertig waren und hierdurch an der Richtigkeit ihrer Lösung zweifelten.

Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl die Auswertung des Materials noch nicht vollständig abgeschlossen ist, scheint das entwickelte Modell geeignet zu sein, um die aufgetretenen Schülerschwierigkeiten und die zugehörigen Bedingungsfaktoren einzuordnen. Es gilt noch zu prüfen, inwieweit sich dieses Modell auch auf andere Experimentiergruppen und Experimentiersituationen übertragen lässt. Ebenso offen ist noch die Frage, inwiefern Lehrpersonen mithilfe dieses Modells für die Diagnose von Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren sensibilisiert werden können.

Literatur

Heimlich, U. (2009). Lernschwierigkeiten. Sonderpädagogische Förderung im Förderschwerpunkt Lernen (UTB Erziehungswissenschaft, Sonderpädagogik, Bd. 3192). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Helmke, A. (2010). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts; (1. Aufl.). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Kechel, J.-H. & Wodzinski, R. (2013). Erfassung von Lernschwierigkeiten bei computergestützten Experimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012 (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 33, S. 254–256). Kiel: IPN.

KMK. (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. Zugriff am 10.09.2014. Verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf.

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

Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule, 60 (6), 42–49.

Rimmele, R. (2013) Videograph [Computer software]. Kiel: IPN.

Trautmann, M. & Wischer, B. (2011). Heterogenität in der Schule. Eine kritische Einführung (1. Aufl). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Wodzinski, R. & Wodzinski, C. T. (2007). Unterschiede zwischen Schülern - Unterschiede im Unterricht. Guten Physikunterricht für alle Schülerinnen und Schüler gestalten. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 18 (99/100), 4–9.

Wodzinski, R., Strehlau, T., Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Blum, S. (eingereicht). Gestufte Lernhilfen bei experimentellen Aufgaben: Wie beeinflusst die Experimentierumgebung die Nutzung und die Wirkung von gestuften Lernhilfen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Martin Draude Universität Kassel
Rita Wodzinski

Diagnosekompetenz von Physiklehrkräften beim Schülerexperimentieren

Einleitung

Die individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern, wie sie in aktuellen Diskussionen häufig gefordert wird, setzt unter anderem voraus, dass Lehrkräfte typische Schwierigkeiten kennen und in der Lage sind, individuelle Schwierigkeiten einzuordnen und ihnen angemessen zu begegnen. Im Rahmen des DiSiE[1]-Projektes der Universität Kassel soll dieser Teil der diagnostischen Kompetenzen näher untersucht werden. Dazu wird im Bereich des Experimentierens im Physikunterricht untersucht, ob Lehrkräfte Schülerschwierigkeiten im Vorhinein angemessen einschätzen und während des Experimentierens zutreffend diagnostizieren können.

Theoretischer Hintergrund

Schon Weinert (2000) zählte die diagnostischen Kompetenzen zu den Schlüsselqualifikationen für Unterricht hoher Qualität. In der aktuellen Debatte über die zunehmende Heterogenität an deutschen Schulen werden die diagnostischen Kompetenzen als unabdingbar sowie als Grundlage für die Umsetzung der individuellen Förderung angesehen (z.B. Bos & Hovenga, 2010; Helmke, 2010). Dennoch sind die diagnostischen Kompetenzen deutscher Lehrkräfte vielfach defizitär und werden in der Lehreraus und -weiterbildung kaum vermittelt (Weinert, 2000). Spinath (2004) betont diesbezüglich, dass die Benutzung des Begriffs der diagnostischen Kompetenz ein falsches Bild von einer angeblich übergreifenden Fähigkeit zum Treffen sicherer Urteile suggeriert. Ihrer Meinung nach ist es zielführender, *„differenzierter zu beschreiben, welche Urteile von Lehrern unter welchen Gesichtspunkten in der Regel recht genau sind, welche Urteile eher ungenau und welches die vermuteten Ursachen hierfür sind“* (Spinath, 2004, S. 17). Die vorliegende Studie beschränkt sich auch aus diesem Grund nur auf einen speziellen Teil der diagnostischen Kompetenz.

Ziele der Untersuchung

Mithilfe der vorliegenden Studie soll bezogen auf eine Schülerexperimentieraufgabe zum „Hooke‘schen Gesetz“ (s. vorheriger Beitrag) folgenden Fragen nachgegangen werden:

- (1) Inwiefern können Physiklehrkräfte zu erwartende Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren im Vorfeld einschätzen (prädiktive Diagnosekompetenz)?
- (2) Inwiefern können Physiklehrkräfte Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren anhand von Beobachtungen während der Experimentierphase diagnostizieren (handlungsbegleitende Diagnosekompetenz)?

Begleitend dazu soll in Bezug auf Schülerexperimente im Physikunterricht allgemein den folgenden Fragen nachgegangen werden:

- (3) Wie häufig werden Schülerexperimente im Unterricht eingesetzt?
- (4) Welche Einstellungen haben Physiklehrkräfte zum Einsatz von Schülerexperimenten?
- (5) Welche typischen Schwierigkeiten treten beim Schülerexperimentieren auf und wie stark beeinflussen sie den Lernerfolg?

Untersuchungsdesign

In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei Erhebungsinstrumente eingesetzt, um die oben genannten Fragen zu beantworten: Mithilfe von Interviews wurden Physiklehrkräfte

[1] Diagnose von Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren

(n=25) in einer je 90-minütigen Untersuchung befragt. Parallel dazu nahmen 130 hessische Physiklehrkräfte an einem Onlinefragebogen teil.

Interviews

Zu Beginn der Befragung wurden die Einstellungen der Lehrkräfte zum Einsatz von Schülerexperimenten erhoben. Im Anschluss daran erhielten die Lehrkräfte die Schülerexperimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz samt zugehörigem Experimentiermaterial – in derselben Form, wie sie auch von den Schülerinnen und Schülern in der Studie von Kechel (in diesem Band) bearbeitet wurde." Als Auftrag an die Lehrkräfte wurde dazu formuliert: *„Mit welchen Schülerschwierigkeiten rechnen Sie, wenn Sie diese Aufgabe so in Ihrem Unterricht einsetzen würden?"* Mit dieser Leitfrage wurden anschließend in einem offenen Experteninterview die Schwierigkeiten, welche die befragten Lehrkräfte erwarten, erfasst. In der zweiten Phase der Befragung sahen sich die Lehrkräfte das Video einer Experimentiersituation an, das im Rahmen der Studie von Kechel (in diesem Band) aufgenommen wurde. Zwei Schülerinnen der achten Klasse bearbeiteten darin die zuvor vorgestellte Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Die Lehrkräfte erhielten dazu die Aufgabe, *genau zu beobachten, welche Schwierigkeiten die beiden Schülerinnen in ihrem Experimentierprozess haben*. In einem zweiten offenen Experteninterview wurden die Lehrkräfte dazu näher befragt.

An den Interviews nahmen 25 Physiklehrkräfte aus dem Kasseler Raum teil. Der Anteil der weiblichen Teilnehmer lag bei 24 %. Die Interviews der Physiklehrkräfte wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Dabei wurde mithilfe einer induktiven Kategorienbildung ein Kodiermanual mit derzeit 44 Kategorien herausgearbeitet. Die endgültige Auswertung mit Hilfe des erstellten Kodiermanuals steht noch aus.

Onlinefragebogen

Ergänzend zu den oben vorgestellten Interviews wurde parallel ein Onlinefragebogen (mit dem Softwarepaket *SoSci Survey*) eingesetzt, zu dem alle hessischen Physiklehrkräfte (Haupt-, Real- und Gymnasiallehrkräfte) eingeladen wurden. Von der Teilnahme ausgeschlossen waren diejenigen Lehrkräfte, die bereits an den Interviews im Rahmen der vorliegenden Studie teilgenommen haben. In dem Onlinefragebogen wurden zunächst, genau wie bei den interviewten Lehrkräften, die Einstellungen zum Einsatz von Schülerexperimenten erhoben. Außerdem hatten die Lehrkräfte auch hier die Aufgabe, ihre erwarteten Schwierigkeiten bezüglich der ihnen zuvor präsentierten Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz (s.o.) zu formulieren. Darüber hinaus wurden in Anlehnung an die theoretisch zu erwartenden Bereiche von Lernschwierigkeiten beim Experimentieren (Draude & Wodzinski, 2013) Items formuliert, bei denen die Lehrkräfte auf einer jeweils sechsstufigen Skala angeben konnten, wie häufig sie diese Schwierigkeit beim Schülerexperimentieren bereits beobachten konnten und wie stark der genannte Schwierigkeitsbereich die Erfüllung der Lernziele im Unterricht behindert. Ziel dieser Art der Itemformulierung ist die Gewinnung einer Gewichtung der Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren durch die Lehrkräfte aus der Praxis heraus. Der Onlinefragebogen wurde 192-mal aufgerufen; davon beendeten ihn 130 Teilnehmer. Der Anteil an weiblichen Teilnehmern lag hier bei 43 %. Das Durchschnittsalter der Lehrkräfte betrug 45 Jahre (SD = 10.3), die durchschnittliche Berufserfahrung 13,5 Jahre (SD = 11.5). Die Bearbeitungszeit für den Fragebogen lag im Mittel bei 20 Minuten (SD = 5.5).

Ergebnisse aus den Interviews

Obwohl die Auswertung der Interviews noch nicht endgültig abgeschlossen ist, lassen sich bisher folgende Aussagen treffen: Bei der handlungsbegleitenden Diagnose gibt es einige

Schwierigkeiten, die von den meisten Lehrkräften diagnostiziert werden können. Die Lehrkräfte unterschieden sich dabei jedoch stark untereinander, sowohl im Bereich der handlungsbegleitenden als auch im Bereich der prädiktiven Diagnose. Bezogen auf die prädiktive Diagnosekompetenz gibt es Lehrkräfte, die lediglich zwei Schwierigkeiten erwarten, wohingegen andere Lehrkräfte sogar zehn Schwierigkeiten benennen. Nur 12 der 25 befragten Lehrkräfte rechnen damit, dass die Schüler mit der Gesamtfederlänge statt der Längenänderung arbeiten werden. Handlungsbegleitend schwankt die Anzahl der genannten Schwierigkeiten zwischen einer und fünfzehn beobachteten Schwierigkeiten. 20 % der Lehrkräfte erkennen nicht, dass die Schülerinnen im Video die oben beschriebene, typische Schwierigkeit haben, die Ausgangslänge der Feder angemessen zu berücksichtigen.

Ergebnisse aus dem Onlinefragebogen

Nach den Angaben der Lehrkräfte sind Schülerexperimente ein wesentlicher Bestandteil des heutigen Physikunterrichtes. Im Mittel verwenden die Lehrkräfte etwa 40 % der Unterrichtszeit für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Schülerexperimenten, wobei die Angaben für die so verwendete Unterrichtszeit bei den Haupt- und Realschullehrern mit 43 % etwas über der der Gymnasiallehrer mit 35,1 % liegt. Diese Ergebnisse decken sich in etwa mit denen aus der Videostudie von Tesch (2005). Bezüglich der Schwierigkeitsbereiche zeigt sich, dass die Schwierigkeitsbereiche *Lesen der Aufgabenstellung*, *Überdenken des Experimentierprozesses*, *mathematische Anforderungen*, *Planung von Experimenten* sowie *Hypothesenbildung* am häufigsten im Unterricht auftreten. Die für den Lernerfolg hinderlichsten Schwierigkeitsbereiche beim Schülerexperimentieren sind das *Lesen der Aufgabenstellung*, das *Vorwissen der Schüler*, die *Interpretation der Daten*, das *Sozialverhalten* der Schüler sowie das *Überdenken des Experimentierprozesses*.

Zusammenfassung und Ausblick

Wie die Untersuchung zeigen konnte, wird ein Großteil der Unterrichtszeit im Physikunterricht für Schülerexperimente und deren Vor- und Nachbereitung verwendet. Auch aus diesem Grund ist die weitere Untersuchung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften beim Schülerexperimentieren für die Praxis bedeutsam. Diesbezüglich konnten bereits starke Unterschiede zwischen den untersuchten Lehrkräften gezeigt werden. Auch bei einzelnen Lehrkräften wichen prädiktive und handlungsbegleitende Diagnosekompetenz oftmals stark voneinander ab. Grundsätzlich ist dies ein Indiz dafür, dass eine Unterscheidung zwischen prädiktiver und handlungsbegleitender Diagnosekompetenz sinnvoll zu sein scheint. Inwiefern es einen Zusammenhang zwischen beiden Diagnosekompetenzen gibt, wird Inhalt der weiteren Auswertung sein.

Literatur

Bos, W. & Hovenga, N. (2010). Diagnostische Kompetenzen. Besser individuell fördern. Schule NRW - Amtsblatt des Ministeriums für Schule und Weiterbildung, 62 (8), 383–385. Zugriff am 16.08.2012. Verfügbar unter http://www.kmk-udikom.de/assets/files/UdiKom.pdf

Draude, M. & Wodzinski, R. (2013). Diagnosekompetenz von Lehrkräften beim computergestützten Experimentieren. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 251 - 253). Kiel: IPN.

Helmke, Andreas (2010): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts; Franz Emanuel Weinert gewidmet. Unter Mitarbeit von Franz E. Weinert. 1. Aufl. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

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

Spinath, B. (2004). Diagnostische Kompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern. Lernende Schule : für die Praxis pädagogischer Schulentwicklung., 7 (26), 16–17.

Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 42). Berlin: Logos.

Weinert, Franz E. (2000): Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. In: GFPF-Nachrichten 2/2000, S. 4–23.

Dietmar Höttecke[1] [1]Universität Hamburg
Andreas Henke[2] [2]Universität Bremen
Janne Krüger[1]

Naturwissenschaften im Wandel der Zeit
Konzepte der Wissenschaftsforschung

Die Vorstellungen von Schülern/innen über die historische Entwicklung der Naturwissenschaften bzw. die Orientierungsrahmen, die mit diesen Vorstellungen in Zusammenhang stehen, sind derzeit Gegenstände aktueller Forschung (Beiträge von Henke, Höttecke & Krüger sowie Krüger, Höttecke & Henke in diesem Band). Im Diskurs über Nature of Science (NoS) hat sich trotz allen akademischen Dissens darüber, welche Lehr-Lernaspekte für diesen Lernbereich bedeutsam sein sollen, die Sprechweise eingebürgert, dass naturwissenschaftliche Wissensbestände vorläufig, veränderbar und dennoch robust sind (Lederman, 2007). Diese Sprechweise impliziert historischen Wandel, der aber im fachdidaktischen Diskurs über NoS kaum spezifiziert wird. Dabei ist es keineswegs selbstverständlich, historischen Wandel in den Naturwissenschaften zugleich als Fortschritt zu deuten. Dem Selbstbild der Naturwissenschaften ist diese Sichtweise aber eigen.
Um die empirischen Ergebnisse einordnen und bewerten zu können und um einen Referenzrahmen für didaktische Strukturierung zum Thema Naturwissenschafts-Entwicklung zu stiften, ist es nötig, aktuelle Befunde der wissenschaftsforscherischen Disziplinen daraufhin zu befragen, wie Naturwissenschaften sich entwickeln. Im Sinne des Modells fachdidaktischer Rekonstruktion unternimmt dieser Artikel ohne Vollständigkeitsanspruch die Aufgabe der fachlichen Klärung der Frage, welche Kategorien die historische Entwicklung anzeigen können und nach den Motoren, die diese Entwicklung antreiben.

Kategorien historischen Wandels
Nimmt man eine schlichte Output-Perspektive ein, um Wandel zu quantifizieren, kann die Anzahl an Fachkräften, Publikationen und Fachjournalen ein Indikator sein. Hier zeigt sich ein exponentielles Wachstum. Die Verdopplungszeit der Anzahl wissenschaftlicher Beiträge liegt bei 10-20 Jahren. Weltweit wurden in Biologie, Biomedizin, Chemie, Medizin, Geowissenschaften, Ingenieurwesen, Technik, Mathematik und Physik im Jahr 2002 733.305 Fachartikel publiziert, im Jahr 2008 waren es schon 986.099 (Deutsche UNESCO Kommission, 2010). 80-90 % aller Wissenschaftler/innen, die je gelebt haben, leben in unserer Gegenwart (de Solla Price 1974 [1963]). Gemessen am Output explodieren die Naturwissenschaften in der Gegenwart geradezu. Die Zahlen zeigen aber noch keinen Motor dieser Entwicklung an, der sich nur in historischen Analysen zeigen kann.

Die Ursprünge der modernen Naturwissenschaften werden geographisch mit Europa verbunden und zeitlich in die Renaissance eingeordnet. Ihre Entwicklung basierte bereits auf älteren Wissensbeständen, die aus vielen Teilen der Welt zusammen getragen worden waren (vgl. Fara, 2010). Die vorsokratische griechische Antike bspw. hat ideengeschichtlich Anteil an der Atomlehre. Zugleich war die antike Philosophie von einer Geringschätzung alles Praktisch-Handwerklichen gekennzeichnet. Angesichts der Tatsache, dass die antiken Hochkulturen Sklavenhaltergesellschaften waren, wundert die Geringschätzung von Handwerk, Technik und körperlicher Arbeit nicht (vgl. Teichmann, 1985). Das antike wissenschaftliche Denken lässt sich als hierarchisch, teleologisch, kontemplativ und ästhetisch charakterisieren (ebd., S. 173). Dass das so war, lässt sich nicht nur ideengeschichtlich, sondern zumindest auch aus einer kulturalistischen und ökonomischen

Perspektive verstehen. Die Trennung von intellektuell-methodischer und handwerklicher Ausbildung und Praxis reicht mindestens bis in das 16. Jahrhundert.
Mit der Renaissance setzt ein Prozess sozialer Ausdifferenzierung ein, in dessen Rahmen Standesunterschiede zwischen Ingenieuren, Ärzten und zunftfreien Künstler einerseits und Humanisten und traditionellen Gelehrten andererseits angeglichen wurden. Dieser sozialhistorische Prozess ermöglichte es erst, dass intellektuelles Schlussfolgern, Textauslegen und praktisches Experimentieren von den gleichen Akteuren veranstaltet werden konnten (Felt, Nowotny & Taschwer 1995).
Die Entwicklung der Naturwissenschaften seit der Renaissance verbindet sich wesentlich mit den Namen Descartes, Bacon und Galilei und führt zur Aufwertung empirisch gestützter, in Experimenten gewonnener Erfahrung und der sich entwickelnden Rolle abstrakt-mathematischer Naturbeschreibung und -erklärung. Sie lässt sich grob in drei historische Phasen unterteilen:

(1) *Die Phase der Amateure und Handwerker* 1600-1800 ist davon geprägt, dass Männer von Stand, sogenannte Gentleman of Science, experimentelle Naturphilosophie betreiben. Während dieser Phase ist die Ausbildung noch nicht formalisiert. Experimente werden vorwiegend in privaten Wohnräumen durch- und vorgeführt. Es etabliert sich das Validitätskriterium öffentlicher Zeugenschaft durch andere Naturphilosophen, die durch ihren Stand und ihre Expertise ausgewiesen sein müssen. In dieser Zeit institutionalisiert sich die Naturphilosophie. Es kommt zur Gründung wissenschaftlicher Gesellschaften wie der Royal Society in London (1662) und der Académie de Sciences in Paris (1666) sowie die Gründung erster wissenschaftlicher Journale. Diese Umstände tragen dazu bei, dass sich ein sozialer Mechanismus wissenschaftlicher Wahrheitsfindung herausbildet, der auf wissenschaftliche Öffentlichkeit angewiesen ist.
(2) Die folgende *akademische Phase* erstreckt sich etwa bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs. Während des 19. Jahrhunderts differenzieren sich die Naturwissenschaften stark in Subdisziplinen aus, ein Prozess, der bis heute anhält. Den Universitäten kommt in diesem Prozess eine bedeutende Stellung zu. Sie sind die Orte, an denen formale Ausbildungsstrukturen etabliert werden. Glaubwürdigkeit und Expertise werden zunehmend über Abschlusszertifikate und akademische Positionen und nicht mehr über den Stand abgesichert. Naturwissenschaftliche Forschung organisiert sich wesentlich um den Beruf des Universitätsprofessors herum. Der Begriff Naturwissenschaft löst den der Naturphilosophie ab und William Whewell (1874-1866) prägt den englischsprachige Begriff *scientist*.
(3) Der Beginn der *industriellen Phase* der Naturwissenschaften wird mit dem Zweiten Weltkrieg datiert. Parallel zur Naturwissenschaft an universitären Lehrstühlen etabliert sich eine Art naturwissenschaftliche *big science* (de Solla Price, 1974). Großprojekte, die an Teilchenbeschleunigern wie dem Genfer CERN (seit 1954) durchgeführt werden, sind so ressourcenintensiv, dass sie nur noch von Staatenverbünden finanziert werden können. Big science setzt großangelegte Koordination internationaler Forschungsaktivitäten voraus. Ihren hohen Finanzbedarf speist big science zu namhaften Teilen aus öffentlichen Mitteln und der Industrie. Entsprechend wird Großforschung im verstärkten Maße von politischen Entscheidungen und Aufträgen abhängig und ist weniger autonom als noch in den vorangegangenen Phasen. Dieser Umstand führt dazu, dass Naturwissenschaften heute auf Anerkennung und Förderung von politischer Seite angewiesen sind.

Motoren historischer Entwicklung
Neben der oben beschriebenen gesellschaftlichen Bedarfe als Motoren für historische Entwicklung legt die Wissenschaftssoziologie einen weiteren Mechanismus nahe. Wissenschaftler/innen streben wie Menschen in anderen Professionen auch nach Anerkennung und Reputation. Beides stellt eine Form symbolischen Kapitals dar, das sich in

andere Kapitalformen wie z. B. soziales oder ökonomisches Kapital transformieren lässt (Bourdieu, 1971). Wer innerhalb der Wissenschaftlergemeinschaft besonders anerkannt wird, wird z. B. umso leichter in Kommissionen und Beiräte berufen, um dort Beratungs- und Steuerungsaufgaben wahrzunehmen und eigene Interessen durchzusetzen. Reputation unter Kolleginnen und Kollegen führt zu einem höheren Maß an wissenschaftlicher Glaubwürdigkeit. Reputation kann sich positiv auf die Akquise von Forschungsmitteln (ökonomisches Kapital) auswirken, die mit Definitionsmacht über zentrale Forschungsprobleme verbunden ist. Hier wird sichtbar, dass soziologische Kategorien wie Reputation sich gleichsam mit epistemologischen Kategorien zu einem Kreislauf verschränken: Wissenschaftliche Kreativität und Fähigkeit bedingen erfolgreiche Antragstellung auf Forschungsmittel. Die wiederum sorgen dafür, dass über umfangreichere Ressourcen wie z. B. einen besonders teuren Laser verfügt werden kann, was weitere Forschung ermöglicht, neue wissenschaftliche Argumente hervorbringt und die Reputation weiter steigert (vgl. Latour & Woolgar, 1979 [1986]). Ein solcher Kreislauf kann als Mechanismus verstanden werden, innerhalb dessen symbolische Kapitalformen transformiert und akkumuliert werden.

Zusammenfassung

Die Analyse macht deutlich, dass naturwissenschaftlicher Wandel von gesellschaftlichen und kulturellen Umbrüchen sowie gesellschaftlichen Bedarfen und ökonomischen Prozessen angetrieben wird. Die Bedeutung der Ökonomie wird in der Entwicklung der Thermodynamik besonders deutlich, die im 18. und 19. Jahrhundert das theoretische Unterfutter zur Optimierung von Kraft-Wärme-Maschinen, der Industrialisierung und Kapitalakkumulation wird. Naturwissenschaften professionalisieren, kanonisieren und standardisieren sich zunehmend über die Bildung von Fachgesellschaften, Universitäten und formelle Ausbildungsstrukturen. Formen sozialer Ausdifferenzierung in Gesellschaft und den Naturwissenschaften hängen zusammen. Auf der Ebene der Individuen werden Kapitalerwerb und -transformation im Sinne Bourdieus zu Motoren des Wandels. Auf der Ebene der Scientific Community sind v. a. die Arbeit T. S. Kuhns (z. B. 1973) zu nennen, welche die sozialen Mechanismen naturwissenschaftlicher Praxis beschreiben. Kuhn beschreibt Naturwissenschaft als eine Abfolge revolutionärer und normalwissenschaftlicher Phasen, die sich wesentlich kognitiv definieren. Normalwissenschaftliche Phasen sind durch kognitive Muster und Zwänge (Paradigmen) gekennzeichnet. Werden sie massiv in Frage gestellt, kann eine wissenschaftliche Revolution erfolgen.

Literatur

Bourdieu, P. (1971). The specifity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason. Social Science Information, 14 (6), 19-47.

Deutsche UNESCO-Kommission (2010), UNESO Science Report 2010. Ein aktuelles Bild der Wissenschaft weltweit. Zusammenfassung. http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/USR2010d.pdf (07.01.14)

de Solla Price, D. J. (1974 [1963]). Little science, big science. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Fara, P. (2010). 4000 Jahre Wissenschaft. Heidelberg: Spektrum-Verlag.

Felt, U., Nowotny, H. & Taschwer, K. (1995). Wissenschaftsforschung. Eine Einführung. Frankfurt, New York: Campus.

Kuhn, Thomas S. (1973 [1962]). Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt a.M..

Latour, B. & Woolgar, S. (1986 [1979]). Laboratory life: The construction of scientific facts. Princeton: Princeton University Press.

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Teichmann, J. (1985). Wandel des Weltbildes. Astronomie, Physik und Meßtechnik in der Kulturgeschichte. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Andreas Henke[1] [1]Universität Bremen
Dietmar Höttecke[2] [2]Universität Hamburg
Janne Krüger[2]

Schülervorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften Schüler/-innen zeichnen den „Weg der Wissenschaft“

Physikunterricht hat Teil an der Querschnittsaufgabe aller Schulfächer, bei Lernenden ein angemessenes disziplinhistorisches Bewusstsein zu bilden. Dazu müssen die Ideen von Schüler/-innen über Diachronizität der Naturwissenschaften bekannt sein. Solche Ideen können Lernvoraussetzungen für historisch orientierte Unterrichtsverfahren sein, indem sie beeinflussen wie Lernende wissenschaftshistorische Unterrichtsbeispiele interpretieren. Anknüpfend an den vorigen Beitrag in diesem Band zur fachlichen Klärung der Thematik „zeitliche Entwicklung naturwissenschaftlicher Forschung“ für den Physikunterricht ist in diesem Artikel eine empirische Klärung diesbezüglicher Schülerperspektiven angestrebt. Dazu werden i.F. Hintergrund, Methodik & Resultate einer qualitativ-typisierenden Untersuchung zu *Schülervorstellungen über Wissenschaftsentwicklung* dargestellt, in der Schüler/-innen diese Entwicklung *in der Metapher eines Weges* zeichnen (Abb. 1). Der Zeichenimpuls dazu lautete *„Stell dir vor, naturwissenschaftliche Forschung von ganz früher bis heute wäre ein WEG. Dieser Weg kann breit oder schmal sein, flach oder geneigt, einzeln oder verzweigt, eben oder uneben … oder etwas ganz anderes. Zeichne diesen Weg, wie DU ihn dir vorstellst!“*

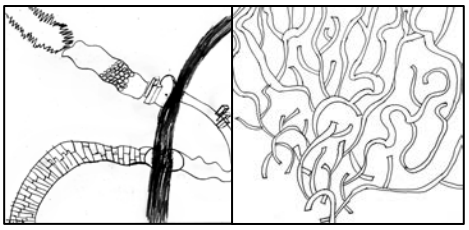


Abb. 1: Zwei Beispiele für Zeichnungen vom „Weg der Wissenschaft“

Vorstellungen zu historischem Wandel

Der Vorstellungsbegriff dieser Untersuchung fußt auf dessen geschichtswissenschaftlichem Verständnis als *Deutungen der Vergangenheit ohne Bezug zu historischen Originalquellen oder Erkenntnismethoden* (Carretero, Castorina & Levinas, 2013). Es ist anzunehmen, dass sich in den Vorstellungen der Schüler/-innen zur Wissenschaftsentwicklung ihre Ideen über die Natur der Naturwissenschaften (NdN) sowie domänenspezifische epistemologische Überzeugungen manifestieren. Da ihr (wissenschafts)geschichtliches Faktenwissen lückenhaft und epochal fragmentiert ist, wird ihr Denken über Wandel zudem gekennzeichnet sein durch (Ashby, Lee und Dickinson, 1997):

- Deutung vergangener Situationen über selbst erlebte / vorgestellte Gegenwart
- Verweben fragmentarischen hist. Wissens in linear-konsistente Erzählstrukturen
- Zuschreibung von Motiven zu abstrakten Entitäten wie Institutionen, Staaten etc.
- Wandel als Ergebnis intentionaler Handlungen (männlicher) Individuen
- Wertung hist. Situationen/Entscheidungen auf Basis des heutiger Erkenntnisse
- Monokausale & generalisierende Erklärung von geschichtlichem Wandel

Zeichnungen als Zugang zum Denken

Gerade jüngeren Schüler/-innen sind die abstrakten Themenfelder „Forschung“ und „historischer Wandel“ lebensweltlich wie semantisch kaum vertraut. Thematisches Zeichnen als Erhebungsmethode reduziert den Verbalisierungsdruck und stellt assoziative Denkprozesse in den Vordergrund. Zeichnerische Zugänge zu NdN-Vorstellungen erfolgen gemeinhin *konkret-lebensnah* (bspw. Forscher/-innen bei der Arbeit) oder *diagrammatisch-abstrahiert* (bspw. Concept-mapping zu wissenschaftstheoretischen Begriffen). Der Zeichenimpuls

dieser Untersuchung erlaubt einen *symbolischen Zugang* zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften über die Metapher „Weg".

Metaphern als Zugang zum Denken
Metaphorisches Denken erlaubt die kreative Sinnbildung in unvertrauten Domänen und die Expression verinnerlichter domänenspezifischer Überzeugungen (Schink et al., 2008). Im Physikunterricht tragen Wissenschafts-Metaphern zur Prägung von NdN-Vorstellungen bei (Schwartz, 2007). In Erhebungssituationen liefert ein vertrauter, klar strukturierter *Quellbereich* (hier: *Weg*) spezifische Konzepte (Steigen/Sinken, breit/schmal, Abzweige etc.), anhand derer Schüler/-innen ihre Vorstellungen über einen unvertrauten, komplexen *Zielbereich* (hier: *Wissenschaftsentwicklung*) aktualisieren und ausdrücken. Methodische Einschränkungen ergeben sich durch die alters- und themenabhängige Fähigkeit zum gezielten Metaphorisieren (Moser, 2000).

Anlage der Untersuchung
Anschließend an den Zeichenimpuls erfragte ein *Leitfadeninterview* die Bedeutung aller Bildelemente, die Einflussfaktoren des dargestellten Wandels, eventuelle Änderungen im naturwissenschaftlichen Wissen und ihre Merkmale sowie eine Einschätzung des zukünftigen Wegverlaufs. Das Erhebungs- und Auswertungsverfahren wurde in Jgst. 7-10 erprobt (N=181), die Hauptstudie fand in Jgst. 8 statt (N=59). Es zeigt sich, dass Schüler/-innen ab Jgst. 7 detaillierte und bedeutungsreiche Weg-Metaphern zur Thematik „Wissenschaftsentwicklung" generieren, zeichnerisch abbilden und erläutern können. Jüngere Proband/-innen bedürfen vorheriger Metaphorisierungsübungen (s. Krüger, Höttecke & Henke, in diesem Band). Die *Datenanalyse* fokussiert epistemologische und soziologische Aspekte naturw. Wandels sowie allg. geschichtsbezogenen Deutungen von Wandel in 3 Schritten:
(1) *Klärung der metaphorischen Bedeutung* aller Bildelemente soweit eindeutig möglich.
(2) *Qualitative Inhaltsanalyse*; Analysedimensionen (Details s. Henke & Höttecke (2013)):
- Narrative Strukturen (Typische Erzählfiguren in den Erläuterungen der Schüler/-innen)
- Determinanten (Art, Wirkung und zeitl. Lage von Einflüssen auf naturwiss. Wandel)
- Epist. Überzeugungen (Dynamik naturwiss. Wissens, erkenntnistheoretische Merkmale)
- Bild des Wissenschaftsbetriebs (als Netzwerkstruktur, als Einheit, Mischform)

Die o.g. Auswertungsdimensionen wurden in der Erprobung zum Teil induktiv gewonnen (abschließende Intercoder-Übereinstimmung $0.70 < \kappa < 0.82$; CI:95 %).
(3) *Rekonstruktion idealtypischer Denkfiguren* zur zeitlichen Entwicklung naturw. Forschung durch Fallkontrastierung, Akzentuierung und Abstraktion der Ergebnisse aus Schritt 2. Ziel ist es, basale konzeptuelle Bausteine zu identifizieren, anhand derer sich die untersuchten Schüler/-innen den „Weg der Wissenschaft" erschließen.

Ergebnisse und Diskussion: Die Resultate der Typenbildung zeigt Tab. 1. Für jede Denkfigur ist angedeutet, welche *unangemessenen Vorstellungen* (⊖) und welche *Lernchancen* für konsensfähige Ideen zur Wissenschaftsentwicklung (⊕) primär damit einhergehen.

Tab. 1: Denkfiguren zur Wissenschaftsentwicklung - Entwicklung als …

TECHNISCHER FORTSCHRITT	*Steigerung der Innovativität, Qualität und Produktivität im Bereitstellen nützlicher technischer (Alltags)artefakte*
⊖ Verwechslung: Forschungserkenntnisse **< >** ingenieursmäßige Konstruktionsleistungen	
⊕ Ökonomie und gesellschaftliche Bedarfe als Motoren von Wandel	
RESSOURCEN-ABBAU	*Exponentielle Zunahme im Aufdecken von Naturgesetzen; durch begrenzten Gesetztes-Fundus in Zukunft Abnahme der Forschungsaktivität*
⊖ Naiver Realismus, externe Einflüsse unberücksichtigt; additive Wissensentwicklung	
⊕ exponentielle Tendenzen bei naturwissenschaftlichen Publikationsleistungen	

IDEEN-DARWINISMUS	*Sicherheit und Wahrheitsgehalt heutiger Ideen steigt durch Lernen aus forscherischen Irrwegen (= Falsifikationen/Fehlvorhersagen)*
⊖ Falsifikationen sind Fehlleistungen; vorgezeichneter Weg verhindert echte Kontroversen	
⊕ Evolutionäre Erkenntnisentwicklung der Naturw.; Aufbau auf gesicherten Erkenntnissen	
STETES PROBLEMLÖSEN	*Wissenschaft bearbeitet und löst in steter Folge aktuell anstehende und von außen herangetragene Probleme*
⊖ kein Aufbau konzeptuellen Wissens, kein Wandel außer in den Probleminhalten	
⊕ Forschung als Problemlösen; Legitimationstrends für naturw. Forschungsvorhaben	
EMANZIPATION	*Überwinden des Einflusses äußerer Hürden (technische oder gesellschaftliche Rückständigkeit) ermöglicht Korrektur alter Forschungsfehler*
⊖ Forschung in Zukunft unbeeinflusst; kein innerer Wandel; alte Ideen inhärent unsicher	
⊕ Anerkennung politisch-gesellschaftl. Ermöglichungsbedingungen von Forschung	
MÜNCHHAUSEN-METHODE	*Überwindung und Weiterentwicklung rückständiger naturwissenschaftlicher Geräte, Methoden und Erkenntnisweisen anhand ebendieser*
⊖ Erkenntnisweise früher: Versuch & Irrtum; Abwertung früherer Forschungsleistungen	
⊕ Innerer Wandel von Forschung möglich; Aufbau auf verfügbarem Forschungswissen	
KREATIV- WIRD TECHNOFORSCHUNG	*Maschinenarbeit (Computerisierung und Automatisierung) ersetzt früher zwingend notwendige Kopfarbeit (Genie und Kreativität)*
⊖ Geniekult bzgl. Wissenschaftsgeschichte; Rolle von Kreativität unterschätzt	
⊕ Vermehrt Großforschung sowie computerbasierte Analyseverfahren	

Generell zeigt sich, dass Schüler/-innen Schwerpunkte bei epistemischen (mehr, sicheres oder realitätsangemesseneres Wissen) und methodischen (bessere Instrumente & Verfahren) Dimensionen des Wandels setzen. Institutioneller Wandel beschränkt sich für sie auf das Abzweigen von Disziplinen und auf ein Mehr an Forscher/-innen. Geschichtliches Epochenwissen wird meist als Projektionsfläche für zeitgenössische Forschung genutzt, also für Spekulationen, wie (vorgestellte) heutige Forschung von den Bedingungen jener Zeit beeinflusst war. Die meisten Schüler/-innen setzen einen zeitlos stabilen Wesenskern von Forschung voraus, ohne ihn jedoch benennen zu können. Hier setzen mangelnde Kenntnisse über authentische Forschung klare Grenzen. Weiterhin weisen viele der Denkfiguren stark affektive Konnotationen auf (bspw. Abwertung oder Heroisierung vergangener Forschung).
Die Denkfiguren mit ihren zugehörigen Vorstellungen bewähren sich post-hoc an den Erprobungsdaten sowie an den Daten von Krüger, Höttecke & Henke (in diesem Band) - allerdings zunächst nur in der 8. Jgst. Daher bleibt die Frage offen, wie stabil und kontextsensitiv sie letztlich sind. Das Raster der Denkfiguren kann bereits jetzt als diagnostisches Werkzeug für geschichtsbewussten naturwissenschaftlichen Unterricht dienen.

Literatur

Ashby, R., Lee, P. & Dickinson, A. (1997). How Children Explain the "Why" of History. The Chata Research Project on Teaching History. *Social Education 61* (1), S. 17-21.

Carretero, M., Castorina, J.A. & Levinas, M.L. (2013). Conceptual change and historical narratives about the nation. A theoretical and empirical approach. In S. Vosniadou (Hg.): International Handbook of Research in Conceptual Change. New York: Routledge, S. 269–287.

Henke, A. & Höttecke, D. (2013). Students' beliefs about the diachronic nature of science: a metaphor-based analysis of 8th-graders' drawings of "the way of science". In C. C. Silva & M. E. B. Prestes (Eds.), *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*. São Paulo: Tipographia Editoria Expressa, S. 327-356.

Moser, K. S. (2000). Metaphor Analysis in Psychology - Method, Theory, and Fields of Application. *Forum: Qualitative Sozialforschung, 1*(2): n. pag. [Online, letzter Zugriff 01.10.2014].

Schinck, A. G., Neale, H. W., Pugalee, D. K. & Cifarelli, V. V. (2008). Using Metaphors to Unpack Student Beliefs About Mathematics. *School Science and Mathematics, 108*(7), S. 326-333.

Schwartz, R. (2007). What's in a Word? How Word Choice Can Develop (Mis)conceptions about the Nature of Science. *Science Scope, 31*(2), S. 42-47.

Janne Krüger[1] [1]Universität Hamburg
Dietmar Höttecke[1] [2]Universität Bremen
Andreas Henke[2]

Orientierungsrahmen von Schüler_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften

Das Ziel dieser Untersuchung ist die Rekonstruktion vom Sinn, welchen Schüler_innen dem Thema „Zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften“ zuschreiben. „Die Welt als bedeutungsvoll und sinnhaft zu interpretieren bzw. dies zu wollen oder geradezu zu müssen, kann als ein spezifisches menschliches Bedürfnis verstanden werden“ (Gebhardt, 2003, S. 209). So konstruieren also auch Schüler_innen in jeder (Unterrichts-) Situation Sinn in Bezug auf den jeweiligen Inhalt. Biller (1991, S. 1) machte Sinn als ein „grundlegendes Moment von Unterricht und Erziehung“ stark. Für erfolgreiche Lernprozesse ist also unter anderem auch der von den Schüler_innen dem Inhalt zugeschriebene Sinn von Bedeutung.
Für diese Untersuchung wird unter Sinnkonstruktion in Anlehnung an Vollstedt (2011) das Herstellen persönlicher Relevanz in Bezug auf eine Situation verstanden. Dies geschieht individuell, subjektiv, kontextabhängig und implizit. Das Herstellen persönlicher Relevanz benötigt ein Zurückgreifen auf eigene Erfahrungen, d. h. die Schüler_innen verknüpfen den Inhalt mit ihrer eigenen Lebenswelt.

Konsequenzen für die Datenerhebung
Für die Datenerhebung wurde das im vorherigen Beitrag beschriebene Verfahren der Kopplung von metaphorischer Zeichnung vom „Weg der Wissenschaft“ und zeichnungsfokussierten Nachinterviews eingesetzt (Henke, Höttecke, Krüger, in diesem Band) und auf Basis der o. g. theoretischen Annahmen ergänzt:
Um den Prozess der Sinnkonstruktion während des Zeichnens zu berücksichtigen, wurde der Zeichenprozess (Geschwindigkeit, Pause, nachträgliche Veränderungen …) digital aufgezeichnet. Da auch im Verlauf des Interviews weiterhin Sinn konstruiert wird, konnten die Schüler_innen im Anschluss ihr Bild verändern oder gänzlich neu zeichnen. Zusätzliche erzählgenerierende Interviewfragen zu eigenen Vorlieben und Erfahrungen mit Naturwissenschaften erkunden den Einfluss der Lebenswelt der Schüler_innen bzgl. ihrer Sicht auf Naturwissenschaften. Um auch jüngere Schüler_innen mit diesem Verfahren befragen zu können, wurde eine Vorübung zum metaphorischen Zeichnen entwickelt und angewendet. Insgesamt wurden 42 Interviews mit Hamburger Schüler_innen der 6., 9. und 11./12. Klassenstufe verschiedener Schulen geführt.

Datenauswertung mittels dokumentarischer Methode
Es wird davon ausgegangen, dass die Schüler_innen in der Erhebungssituation Sinn in Bezug auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlicher Forschung im Allgemeinen konstruieren und dass dieser aus den Interviewdaten rekonstruiert werden kann. Dazu wurde eine Methode gewählt, die dem impliziten Anteil der Sinnkonstruktion gerecht wird und einen Zugang zum genutzten Erfahrungswissen der Schüler_innen eröffnet. Beides vereint die *dokumentarische Methode* (Bohnsack, 2003):
Die Methode geht unter anderem auf Mannheims Idee der Unterscheidung zwischen „kommunikativem Wissen“ und „konjunktivem Wissen“ zurück (Loos et al., 2013). Kommunikatives Wissen liegt explizit vor und kann verbalisiert werden. Konjunktives Wissen dagegen liegt implizit vor und kann nicht verbalisiert werden. Menschen erlangen konjunktives Wissen in konjunktiven Erfahrungsräumen. Dies sind Situationen, in denen sie mit Menschen interagieren, die ähnliche Erfahrungen gemacht haben (z. B. Erfahrungsräume des Ge-

schlechts, der Generation, der Berufsgruppe). Dabei manifestieren sich „im konjunktiven Erfahrungsraum […] einerseits soziale Strukturen, andererseits aber auch das konjunktive Wissen der Akteure“ (Loos et al., 2013, S. 20). Die konjunktiven Wissensbestände steuern unbewusst das Handeln und Denken eines Menschen und damit auch seine Art zu Sprechen. Die *Struktur* des konjunktiven Erfahrungswissens wird in der dokumentarischen Methode als „Orientierungsrahmen“ bezeichnet und kann durch die Analyse der *Art zu Sprechen* rekonstruiert werden (Bohnsack, 2003). Die Analyse des Interviewmaterials befasste sich daher vorrangig damit, WIE die Schüler_innen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften gesprochen haben. Mit dem Ziel, die grundlegenden Strukturen, also ihre Orientierungsrahmen, zu rekonstruieren. Darüber hinaus zeigen sich im Material implizit vorliegende Ideen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften, die für die Schüler_innen nicht in Gänze formulierbar sind und sich daher erst bei der Analyse mit Hilfe der dokumentarischen Methode zeigen.
Auf Basis dieser Überlegungen sind die *Forschungsfragen* wie folgt formuliert:
(1) Mit Bezug auf welche kognitiven Erfahrungen konstruieren de Schüler_innen Sinn, wenn sie über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen?
(2) Welche Ideen zur zeitlichen Entwicklung konstruieren die Schüler_innen?

Ergebnisse, Diskussion und Ausblick
Es werden Zwischenergebnisse der laufenden Auswertung in Form kurzer Fallbeschreibungen dargestellt. Dazu wurden drei bzgl. der Orientierungsrahmen sehr differente Fälle gewählt. In Tabelle 1 finden sich beispielhafte Zitate, die das jeweilige Denken der Schüler_innen verdeutlicht sowie die fallvergleichend rekonstruierten Orientierungsrahmen.

Fall 1: Paul (6. Klasse) bezieht sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften auf eigene Lernerfahrungen mit dem Vater in der Natur. Er überträgt die Erfahrung, dass sein Vater ihm Wissen durch Zeigen oder Vormachen vermittelt, auf die naturwissenschaftliche Forschung. Für Paul geben die Forscher mit der Zeit Wissen und technische Geräte an die „normalen Leute“ weiter. Die Erfahrung, dass Natur für den Menschen nutzbar ist, führt für ihn dazu, dass es Aufgabe der Forscher ist, die Potentiale der Natur zu nutzen. Naturwissenschaftler werden von ihm eher als Handwerkstreibende beschrieben, die Ideen aus der Natur übernehmen und Rohstoffe der Natur nutzen.
Paul zeigt weiterhin die Idee einer stufenartigen Entwicklung, bei der einzelne Ereignisse aufeinander folgen. Dabei ist stets eine quantitative Steigerung der Wissensmenge gemeint. Auch wenn er über andere Dimensionen der Entwicklung der Naturwissenschaften spricht, ist Veränderung für ihn vordergründig.

Fall 2: Nadine (9. Klasse) bezieht sich beim Sprechen über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften auf eigene Erfahrungen mit technischen Geräten. Die Präsenz des Handys in ihrem eigenen Leben und die Erfahrung, dass technische Geräte sich immer weiterentwickeln, dient ihr als Vergleichshorizont für die Vergangenheit. Dabei stellt sie die Zeitebenen „früher“ und „heute“ gegenüber, zeigt aber keine konkrete Idee zur zeitlichen Entwicklung zwischen beiden. Dass eine Entwicklung technischer Geräte stattfindet, ist für sie offensichtlich, die Art der Entwicklung bleibt für sie diffus.

Fall 3: Inga (11. Klasse) bezieht sich auf ihre Idee allgemeingeschichtlicher Entwicklung, als Weiterentwicklung von Ideen und Gesellschaft. In der Interviewsituation überträgt sie diese auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Forschung. Dabei wird immer wieder deutlich, dass ihr diese Idee im Kontext von Geschichte und Entwicklung der Gesellschaft vertrauter ist.

Inga konstruiert eine spiralförmige Idee von Entwicklung, bei der eine qualitative Verbesserung zentral ist. Mit der Zeit werden gegebene Ideen in Form einer evolutionären Entwicklung verbessert. Zusätzlich zeigt sie eine revolutionäre Entwicklungsidee in Bezug auf die Menschheit bzw. Gesellschaft: verschiedene Epochen und ihr jeweiliges Gedankengut wechseln sich ab, zeitweise stehen Kriege oder wissenschaftliche Forschung im Zentrum gesellschaftlicher Aufmerksamkeit. Für Inga ist insgesamt jedoch die Konstanz vordergründig. Die von ihr beschriebene Entwicklung gibt es bereits seit der Menschenentstehung und bleibt in ihrer Art und Weise immer gleich.

Tab. 1: Beispielhafte Zitate sowie Orientierungsrahmen der drei Schüler_innen

Paul	**Nadine**	**Inga**
Beispielzitate		
„papa zeigt mir welche pilze man essen kann […] und papa zeigt mir wieder wie man halt welche fische wie fängt.“ […] „nur n paar wissenschaftler die wissen wie das feuer is und die zeigens den andern leuten dann.“	„es gab halt früher zum beispiel auch nur bälle oder springseile und dann is- hat sich das halt entwickelt und jetzt gibt’s laptops und kameras und handys und alles.“	„über die zeit ham wir ideen, davon komm wir auch wieder weg quasi aber ab’m bestimmten zeitpunkt wiederholt sich die idee aber sie is n schritt weiter.“ […] „renaissance zum beispiel. die ideen des humanismus sind da nur wiedergekehrt.“
Orientierungsrahmen		
- Erfahrungen im familiären Umfeld - Erfahrungen in der Natur	- Erfahrungen im Bereich der Freizeit - Erfahrungen mit technischen Geräten	- Erfahrungen zu historischer Entwicklung der Gesellschaft

Es zeigt sich insgesamt, dass die drei Schüler_innen sich auf ganz unterschiedliche Erfahrungen beziehen, wenn sie über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften sprechen. Selbsterlebte Handlungsmuster, wie bei Paul die Wissensweitergabe vom Vater an den Sohn oder Eigenschaften der Technik- oder Gesellschaftsentwicklung (Nadine und Inga), zeigen sich als zentral. Diese konjunktiven Erfahrungen werden zur Folie der Sinnkonstruktion.
Es ist anzunehmen, dass bspw. in historisch-orientieren Unterrichtssituationen solche Orientierungsrahmen die Auseinandersetzung mit dem Inhalt strukturieren und die Entwicklung von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaft beeinflussen. Ein Überblick über die relevanten konjunktiven Erfahrungen bzgl. Wissenschaftsentwicklung ermöglicht es auch, deren Rolle für unangemessene Entwicklungsideen aufzudecken und explizit im Unterricht zu thematisieren. Ziel der noch anstehenden Datenauswertung wird es sein, eine Typisierung der auftretenden Orientierungsrahmen vorzunehmen.

Literatur

Biller, K. (1991). Habe Sinn und wisse Sinn zu wecken! Sinntheoretische Grundlagen der Pädagogik. Hohengehren: Schneider.

Bohnsack, R. (2003). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. Opladen: Leske + Budrich.

Gebhard, U. (2003). Die Sinndimension im schulischen Lernen: Die Lesbarkeit der Welt – Grundsätzliche Überlegungen zum Lernen und Lehren im Anschluss an PISA. In: Moschner, B., Kiper, H., Kattmann, U.. PISA 2000 als Herausforderung. Hohengehren: Schneider, S. 205 – 223.

Loos, P., Nohl, A.-M., Przyborski, A., Schäffer, B. (2013). Dokumentarische Methode. Grundlagen – Entwicklungen –Anwendungen. Opladen: Budrich.

Vollstedt, M. (2011). Sinnkonstruktion und Mathematiklernen in Deutschland und Hongkong. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

Florian Kraft — Gesamtschule Eiserfeld, Siegen
Martin Gröger — Universität Siegen

Liebigs Elementaranalyse im Kontext des Erwerbs von Wissen über NoS

Liebigs Fünf-Kugel-Apparat im Chemieunterricht? Die Elementaranalyse organischer Verbindungen nach Justus von Liebig gehört seit geraumer Zeit zu den Klassikern des Faches Chemie, gerät in den Vorgaben für den Unterricht in der Sekundarstufe II aber zunehmend in den Hintergrund und wird zumeist nur in Form eines kurzen theoretischen Abrisses betrachtet. Hier soll ein Ansatz vorgestellt werden, Liebigs Untersuchungen im Kontext des Wissenserwerbs über Nature of Science gewinnbringend im Chemieunterricht näher zu beleuchten.
Im Zentrum des Projektes stehen dabei die Durchführung der Elementaranalyse organischer Festkörper unter Verwendung der Liebigschen Original-Apparatur sowie die Verortung der Untersuchungen im naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Bezugsrahmen. Das Projekt wird von einer Studie begleitet, mit der das Potenzial eines solchen historisch-chemischen Projektes für den NoS-Wissenserwerb analysiert werden soll.

Theoretische Leitlinie

Zahlreiche Studien, insbesondere aus dem nordamerikanischen Raum (z. B. Lederman et al., 2002), zeigen Erfolge von Interventionsmaßnahmen in Form von historisch-philosophischen Zugängen zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Höttecke et al. betonen darüber hinaus die besondere Bedeutung experimenteller Arbeiten und verweist auf curriculare Vorgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern, welche die Entwicklung von Problemlösefähigkeiten und Reflexionskompetenz von Schülerinnen und Schülern intendieren. Dabei könne ein historisch-philosophisch orientiertes Projekt durchaus Unterstützung leisten: „*Ideas and actions of past scientists can be used as guidelines for the design of learning activities like open-ended inquiry.*" (Höttecke et al., 2012).

Projektkurs Chemie

Wie lässt sich ein solches Projekt nun im Rahmen von Chemieunterricht in der Sekundarstufe II verorten? Die klassischen Chemiestunden bieten aufgrund der Fülle obligatorischer Themenstellungen in den beiden Jahren der Qualifikationsphase praktisch keinerlei Raum. Statt dessen können sich Schulen in Nordrhein-Westfalen seit 2011 eines neuen Unterrichtsformates bedienen. Der sog. „Projektkurs" im ersten Jahr der Qualifikationsphase ist wissenschaftspropädeutisch ausgerichtet und ermöglicht Räume für eine projektorientierte, tiefgründigere Betrachtung von naturwissenschaftlichen Problemstellungen, gerade auch in Form experimenteller Arbeiten.

Die Liebigsche Elementaranalyse im Projektkurs

Das Projekt zur Liebigschen Elementaranalyse gliedert sich in drei Phasen. Qualitativen Analysen eines unbekannten Festkörpers (welche von den Schülerinnen und Schülern eigenständig geplant und durchgeführt werden) zur Gewinnung erster Erkenntnisse über die Natur der zu untersuchenden Substanz folgt die Vorbereitung der quantitativen Elementaranalyse mithilfe der Liebigschen Apparatur. Die Erstellung eines Experimentierleitfadens erfolgt dabei durch die Kursteilnehmer selbst. Grundlage sind die Original-Aufzeichnungen Liebigs in seiner „*Anleitung zur Analyse organischer Körper*", aus denen arbeitsteilig wichtige Informationen zur Vorbereitung der Proben, zum Aufbau der Apparatur sowie zur Steuerung des Verbrennungsvorgangs extrahiert werden. Auf diese Weise gelingt eine ausführliche Vorbereitung der experimentellen Arbeiten; die

Schülerinnen und Schüler setzen sich im Detail mit der Untersuchungsmethodik auseinander.
Der eigentlichen Durchführung der Analysen mit Kohleofen, Calciumchlorid-Rohr und Fünf-Kugel-Apparat folgt die Auswertung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Frage nach der Verhältnisformel des eingesetzten organischen Feststoffs. Als Substanz wählt man praktischerweise den Zuckeralkohol Mannit, zu dessen Elementaranalyse auch einschlägige Aufzeichnungen Liebigs vorliegen. Diese fördern Erstaunliches zu Tage: Trotz sauberer experimenteller Arbeit gelingt es Liebig nicht, die heute bekannte Verhältnisformel des Mannits ($C_3H_7O_3$) herzuleiten. Liebig greift neben den experimentellen Befunden auf ein Theoriegebäude zurück, welches zur damaligen Zeit in einer raschen Entwicklung – und damit auch Veränderung – begriffen war. Da man noch keine molekularen Strukturen bei chemischen Verbindungen kannte, wurden aus den sog. „Äquivalentmassen" aus heutiger Sicht fehlerhafte Atommassen hergeleitet. An dieser Stelle wird die Bedeutung von Theorien für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens deutlich; mit den Kursteilnehmern kann hier eine – mit Blick auf NoS sinnstiftende – Diskussion zum Wechselspiel von Empirie und Theorie erfolgen.
Im Anschluss an die Auswertung der Analysen richten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Projektthemen den Blick auf Details des naturwissenschaftlichen und gesellschaftlich-kulturellen Kontextes. Neben eher fachwissenschaftlich orientierten Themenstellungen – beispielsweise zur Optimierung des Verbrennungsvorganges – befassen sich Gruppen auch mit der gesellschaftspolitischen Lage in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts sowie mit der Person Liebigs. Darüber hinaus wird die Kontroverse zwischen Liebig und seinem Kollegen Eilhard Mitscherlich beleuchtet. Die Ergebnisse der Projektarbeit werden in Anschluss präsentiert und im Plenum diskutiert.

Methodik der Begleituntersuchung
Zur Erfassung der Schülerperspektiven auf NoS wird ein offenes Fragebogeninstrument, basierend auf Lederman (VNOS-C, 2002) und Höttecke & Henke (2013), genutzt. Es schließen sich Interviews mit Gewinnerkandidaten an. Sie verfolgen das Ziel, mögliche Gelenkstellen für den NoS-Wissenserwerb im Laufe des Projektes zu eruieren. Die Auswertung der Fragebögen erfolgt nach einem vorgegebenen Codierleitfaden, wobei die Schüleraussagen den Kategorien „eher elaboriert" und „eher naiv" zugewiesen werden. Aufgrund von geringer Trennschärfe strittige Zuordnungen werden im Gespräch zwischen den Codierern entschieden.
Der Fragebogen wird von den Schülerinnen und Schülern des Projektkurses (n=19) zunächst vor Beginn des Projektes bearbeitet. Parallel dazu wird auch die NoS-Perspektive in einem Vergleichskurs erfasst. Es handelt sich dabei um einen Chemie-Grundkurs, dessen Mitglieder nicht gleichzeitig am Projektkurs teilnehmen. Nach Abschluss des Projektes wird der Fragebogen in beiden Kursen ein weiteres Mal ausgegeben.
Die Auswertung der Ergebnisse geschieht auf verschiedenen Ebenen. Neben einer Betrachtung der Summe aller Ergebnisse in den beiden Kursen werden auch Einzelfallanalysen durchgeführt. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob sich Unterschiede zwischen den NoS-Zielbereichen ergeben und bestimmte Bereiche ggf. besonders profitieren.

Erste Ergebnisse der Untersuchung: Auswertung der Fragebögen
Die Ergebnisse der ersten Runde erweisen sich als durchaus bemerkenswert. So konnte bei den Probanden des Projektkurses eine deutliche Zunahme der nach „eher elaboriert" codierten Schüleraussagen festgestellt werden. Betrug der Anteil im pre-Test noch 28,1 % (89 Aussagen), so konnten im post-Test 36,6 % (119) ermittelt werden (Vergleichsgruppe: 24,7 % und 26,6 %). Dennoch bleibt der Anteil eher naiver Schüleraussagen auch im

Projektkurs recht hoch (leichter Rückgang von 196 auf 176 Aussagen). Es fällt bei allen Fragebögen des post-Tests eine hohe Inkonsistenz zwischen naiven und elaborierten Aussagen auf – einer elaborierten Aussage folgt im Rahmen anderer Fragen oftmals eine naive Antwort, in vielen Fällen auch innerhalb desselben NoS-Zielbereiches. Der Erhalt naiver Denkmuster bei gleichzeitigem Anstieg der Anzahl elaborierter Schülerperspektiven ist demnach eine wesentliche Erkenntnis der ersten Untersuchungen.
Blickt man in die einzelnen Zielbereiche, so stellt man Unterschiede fest. Während es im Zielbereich „Status von Beobachtungen, Deutungen und Denkmodellen“ markante Zuwächse elaborierter Aussagen zu verzeichnen gibt (von 27,0 % auf 36,3 %), zeigen sich im Bereich „Empirische Basis“ nahezu keine Entwicklungen. Dies ist möglicherweise auf den dort verankerten, stark wissenschaftlich orientierten Naturwissenschaftsbegriff zurückzuführen, während Diskussionen über die Funktion von Experimenten oder das Wechselspiel von Empirie und Theorie im Bereich „Beobachtungen, Deutungen, Denkmodelle“ Entwicklungen induzieren können. So fällt u. a. auf, dass im post-Test häufig Bezug zur Modellebene genommen wird. In diesem Kontext ist auch der Zuwachs an elaborierten Antworten im Zielbereich „Status von Theorien und naturwissenschaftlichen Gesetzen“ zu diskutieren. Während im pre-Test lediglich 11,1 % der Aussagen als „eher elaboriert“ einzuordnen sind, gilt dies im post-Test bereits für 28,1 % der Antworten. So werden Theorien nun vermehrt als Denkgebäude gesehen, welche einen Forschungsrahmen bieten und auch Vorhersagen ermöglichen. Dennoch findet sich in nahezu allen Fragebögen auch eine eher alltagssprachliche Verwendung des Theoriebegriffs im Sinne einer Idee/einer Hypothese (vgl. auch Hofheinz, 2008). Gleichzeitig werden Gesetze auch im post-Test zumeist als bewiesen charakterisiert. Das Ziel des Beweisens in den Naturwissenschaften erweist sich als eines der häufigsten naiven Denkmuster.
Vor dem Hintergrund des Projektziels, die genetische, prozessuale Dimension der Naturwissenschaften sichtbar werden zu lassen, ist darüber hinaus der Zuwachs des Anteils an elaborierten Antworten im Zielbereich „Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens“ bemerkenswert (von 28,0 % auf 42,3 %). Dabei fallen insbesondere Schüleraussagen ins Gewicht, welche sinngemäß auf die „Änderung von Theorien bei neuen Belegen“ oder das „Hervorbringen von neuen Erkenntnissen durch die Naturwissenschaften“ hinweisen.

Folgerungen

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass es mithilfe eines historisch-chemischen Projektes wie der Liebigschen Elementaranalyse gelingen kann, eine Entwicklung der NoS-Schülerperspektive anzustoßen. Die Untersuchung soll durch Interviews einiger Schülerinnen und Schüler sowie eine weitere Runde des Projektes in einem neuen Kurs (Teilnehmerzahl n=25) vertieft werden.

Literatur

Höttecke et al. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. Springer Science+Business Media B.V., veröffentlicht online in 12/2010

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, Dissertationsschrift

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

Liebig, J. (1853). Anleitung zur Analyse organischer Körper, zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, Vieweg Verlag Braunschweig

Anja Lembens Universität Wien
Christoph Weberndorfer

„Mit Experimenten kann man Theorien beweisen“ – NOS-Beliefs Studierender

Die Gründe, warum Jugendliche vielfach unrealistische Vorstellungen über Naturwissenschaften haben und sich wenig dafür interessieren, sind komplex. Es gibt Hinweise auf einen Zusammenhang mit der Art, wie Naturwissenschaften unterrichtet werden (Rocard et al., 2007). Die bewusste Diskussion und Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntniswege und der Gültigkeit naturwissenschaftlichen Wissens sind wesentliche Komponenten eines Unterrichts, der die Entwicklung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses fördert. Bei der Planung und Durchführung eines Unterrichts, der diese Aspekte berücksichtigt und explizit thematisiert, stehen den Lehrenden häufig ihre eigenen (impliziten) Überzeugungen im Wege. Ob LehrerInnen über realistische und informierte Vorstellungen über NOS (Nature of Science) verfügen, hängt unter anderem von entsprechenden Lerngelegenheiten während ihres Studiums ab. Um herauszufinden, welche NOS-Vorstellungen Naturwissenschaftsstudierende und angehende NaturwissenschaftslehrerInnen an der Universität Wien haben und welchen Einfluss das Studium auf diese Überzeugungen hat, wurde eine Fragebogenerhebung durchgeführt. Befragt wurden sowohl Lehramts- als auch Fachwissenschaftsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse dieser Erhebung mit Fokus auf NOS-Vorstellungen der Studierenden über den chemieunterrichtsrelevanten Aspekt ‚Experimente‘ vorgestellt und diskutiert.

Datenbasis und Auswertungsmethode

Ausgangspunkt für die Datenerhebung war ein Seminar für Chemielehramtsstudierende, das zum Ziel hatte, einerseits den Studierenden einen realistischen Einblick in fachdidaktische Forschungsmethoden zu geben und andererseits deren Bewusstsein über die eigenen Vorstellungen zu ausgewählten Aspekten von Nature of Science zu schärfen. Auf der Basis eines Artikels von Abd-El-Khalick (2006) wurden zentrale Erkenntnisse über Vorstellungen zu NOS und forschungsmethodologische Grundlagen erarbeitet. Als nächstes wurden der Fragebogen ‚Views on Nature of Science‘ (VNOS) (Lederman et al., 2002) in mehreren publizierten Versionen sowie der Fragebogen ‚Views on Scientific Inquiry’ (VOSI) (Schwartz et al., 2008) inkl. verfügbarer deutschsprachiger Übersetzungen und Adaptierungen (Zilker, 2009 (nicht publiziert)) gesichtet. Ein Online-Fragebogen mit 13 offenen Fragen wurde erstellt, der auf ausgewählte Aspekte von Nature of Science fokussiert, die für das Lehren von Naturwissenschaften in der Schule relevant sind. Alle Studierenden der Fächer Biologie, Chemie und Physik an der Universität Wien wurden per E-Mail zur Bearbeitung des Fragebogens eingeladen. 245 vollständig ausgefüllte Fragebögen konnten in die Analyse einbezogen werden. Im Seminar wurden zunächst nur die Bögen der Chemiestudierenden ausgewertet. Die Aussagen der Studierenden wurden den Kategorien „naiv“, „informiert“, „uneindeutig“ und „keine Aussage“ zugeordnet und die Ergebnisse von Lehramts- und Fachstudierenden einander gegenübergestellt. Die Ergebnisse wurden an anderer Stelle referiert (Lembens, 2012).

Bei einer späteren vergleichenden Analyse wurden epistemologische Vorstellungen zu zwei für das Unterrichten von Chemie zentralen Aspekten fokussiert: ‚Experimente‘ und ‚Atome‘. Unter anderem wurden folgende Forschungsfragen bearbeitet:

- Welche NOS-bezogenen Vorstellungen haben Studierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik?

- Inwiefern unterscheiden sich die NOS-bezogenen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden und Fachwissenschaftsstudierenden?
- Inwiefern unterscheiden sich die NOS-bezogenen Vorstellungen von Biologie-, Chemie- und Physiklehramtsstudierenden?
- Inwiefern hat das Zweitfach einen Einfluss auf die NOS-Vorstellungen von Biologie-, Chemie- und Physiklehramtsstudierenden?
- Inwiefern hat der Studienfortschritt einen Einfluss auf die NOS-bezogenen Vorstellungen von Biologie-, Chemie- und Physikstudierenden?

Die Aussagen der Befragten wurden mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (skalierender Strukturierung) nach Mayring (2010) analysiert. Im Folgenden werden Einblicke in die Ergebnisse mit Fokus auf ‚Experimente' gegeben.

Ausgewählte Ergebnisse

Bei der Analyse kristallisierten sich vier Kategorien heraus: ‚Ziele von Experimenten', ‚Kontrolle und Manipulation beim Experimentieren', ‚Vorausgehende Erwartungen beim Experimentieren' und ‚Kreativität beim Experimentieren'.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass rund 70 % der Befragten über wenig elaborierte Vorstellungen über die Ziele von Experimenten verfügen. Als ‚informiert' wurde z. B. folgende Aussage kodiert: Ein Experiment ist „*ein Versuch, eine Hypothese zu bestätigen oder auszuschließen*" (C245). Ein Großteil der als ‚naiv' kodierten Vorstellungen beschreibt das Experiment als Beweis für naturwissenschaftliches Wissen: so z. B. als „*Versuch, eine Theorie zu beweisen*" (C84). Insgesamt konnten keine nennenswerten Unterschiede zwischen Fachwissenschafts- und Lehramtsstudierenden festgestellt werden. Auch scheint es bei Lehramtsstudierenden keinen Einfluss zu haben, ob als Zweitfach ein naturwissenschaftliches oder nichtnaturwissenschaftliches Fach studiert wird.

Gut zwei Drittel der Studierenden äußern ‚naive' Vorstellungen darüber, ob und wie Experimente kontrolliert und manipuliert werden. Oft werden Experimente als planloses Probieren aufgefasst, bei dem man "e*infach etwas ausprobiert. Z .B. schüttet man Flüssigkeiten zusammen und schaut was passiert*" (C557). Es besteht die Vorstellung, dass durch dieses Probieren neue Erkenntnisse gewonnen werden, die die Grundlagen für Hypothesen darstellen: "*Man führt etwas durch, entdeckt etwas Neues (...) und stellt dann eine Hypothese auf*" (C959). Ein knappes Drittel der Studierenden zeigt in seinen Antworten ‚informierte' Vorstellungen, so wird ein Experiment z. B. als eine "*Untersuchung, die unter kontrollierbaren Bedingungen methodisch abgehalten wird*" (C570) beschrieben. Auffällige Unterschiede gibt es zwischen Studierenden der Fächer Biologie (62 % ‚naiv'), Chemie (86 % ‚naiv') und Physik (56% ‚naiv'). Betrachtet man nur die Lehramtsstudierenden, so zeigt sich, dass auch hier die Chemiestudierenden gegenüber den Studierenden der Fächer Biologie und Physik besonders wenige ‚informierte' Ansichten formulieren. Der Anteil an ‚naiven' Vorstellungen der Lehramtsstudierenden des Fachs Chemie ist um knapp 30 % höher als bei den anderen Fächern. Ein ähnliches Bild zeigt sich in den Kategorien „Ziele von Experimenten" und „Vorausgehende Erwartungen beim Experimentieren".

Studierende der Fächer Chemie und Physik, die seit weniger als fünf Semestern studieren, formulieren zu einem deutlich höheren Prozentsatz (rund 85 %) ‚naive' Vorstellungen als Studierenden des Faches Biologie (rund 75 %). Im Verlauf des Studiums steigt die Häufigkeit der als ‚informiert' kategorisierten Formulierungen bei den Biologiestudierenden und den Physikstudierenden deutlich an. Bei den Chemiestudierenden formulieren in den höheren Semestern noch immer über 80 % wenig angemessene Vorstellungen (Biologie rund 54 %, Physik rund 65 %). Es ist daher zu vermuten, dass das Chemiestudium kaum wirksame Lerngelegenheiten bereitstellt, in denen Studierende ein angemessenes Bild über die Ziele und Bedingungen von Experimenten entwickeln können.

Mit Blick auf den Einsatz und die Notwendigkeit von ‚Kreativität beim Experimentieren' äußern die Befragten deutlich ‚informiertere' Vorstellungen. Insbesondere wird die Notwendigkeit von Kreativität bei der Planung von Experimenten von den meisten Befragten benannt. 184 Personen (75 %) erwähnen explizit, dass "*bereits die Planung des Experiments (…) einiges an Kreativität [erfordert]*" (C1820). In den Phasen der Durchführung und Datenauswertung scheint für viele Befragte die Notwendigkeit von Kreativität weitaus weniger selbstverständlich zu sein. Bei der Durchführung sehen 35 % der Befragten die Kreativität in einer wichtigen Rolle und bei der Datenauswertung und Interpretation 39 %. Zum Teil wird der Einfluss von Kreativität in den Naturwissenschaften explizit als Mangel an Objektivität aufgefasst, da die Kreativität "*ein Experiment ungültig werden lassen [würde]. Hier wird absolute Standartisierung [sic] verlangt den [sic] sonst kann man keine Vergleiche ziehen wenn jedes Experiment bissal [bisschen] anderes [sic] Kreativ [sic] angehaut [angehaucht] ist*" (C431). Darüber hinaus sehen einige Studierende die Kreativität – besonders in der Datenauswertung – zwar als präsent, betrachten diese aber als verfälschenden Faktor, welcher "*unbewusst leider (…) immer teil [sic] unserer Arbeiten (…) [ist], vorallem [sic] wenn es sich um schwerer zu beurteilende Daten handelt*" (C1157). In manchen Fällen wird der Einsatz von Kreativität bei Experimenten sogar als bewusste Verfälschung der Daten angesehen: "*Bei der Interpretation der Daten findet leider durchaus auch im schlechten Sinne Phantasie statt, sprich es wird gefälscht.*" (C557).

Desiderata

Die Daten zeigen die Notwendigkeit, die Curricula der naturwissenschaftlichen Fächer kritisch mit Blick auf Lernpotentiale für die Entwicklung angemessener Vorstellungen über zentrale Aspekte von NOS zu analysieren. Nach wie vor liegt der Schwerpunkt des ChemielehrerInnenstudiums auf der Vermittlung von Fakten. Notwendig wäre es, inhaltliche, epistemologische und (fach-)didaktische Dimensionen des Lehrens und Lernens in den Naturwissenschaften miteinander zu verknüpfen, insbesondere mit Blick auf die Art und Weise, wie Versuche / Experimente durchgeführt und in den Unterricht implementiert werden. Die Einführung der Lehramtsstudierenden in die Theorie und Praxis des Inquiry-Learnings wäre ein guter Weg (Abd-El-Khalick, 2012). Ziel eines gut begleiteten Inquiry-Learnings ist, dass Lernende nicht nur naturwissenschaftliche Fachinhalte erlernen, sondern auch den Prozess des Forschens bewusst wahrnehmen und reflektieren lernen können. Auf diesem Wege können auch Lehramtsstudierende ihre eigenen NOS-Beliefs wahrnehmen und hinterfragen lernen.

Literatur

Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: College students' views of Nature of Science. In: Flick, L. & Lederman, N. (Eds.) (2006). Scientific Inquiry and Nature of Science. Springer, 389-425

Abd-El-Khalick (2012). Teaching with and about Nature of Science and Science Teacher Knowledge Domains. In: Science & Education, DOI 10.1007/s11191-012-9520-2.

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. In: Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521

Lembens, A. (2012). Do Beliefs about 'Atoms' and 'Experiments' differ between Science Teacher Students and Science Mayor Students? ECER 2012: The Need for Educational Research to Champion Freedom, Education and Development for All. Cadiz

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz-Verlag

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education Now. A renewed pedagogy for the future of Europe. European Commission

Schwartz, R., Lederman, N. & Lederman, J. (2008). An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire. NARST. Baltimore

Katja Weirauch Universität Würzburg
Ekkehard Geidel

Heterogenität als „Kerngeschäft“: Neue Herausforderungen an das Professionswissen durch Seminarfächer

Seminarfächer zielen auf eine individuelle Leistung ab

Verschiedene Bundesländer bieten in der gymnasialen Oberstufe Seminarfächer oder -kurse an. Häufigstes Ziel dieser Seminarfächer ist neben der Vorbereitung auf Berufswahl und Studium das selbstständige Verfassen einer Seminararbeit zu einem wissenschaftlichen Thema. Die individuelle Betreuung der SchülerInnen und damit das Eingehen auf deren Heterogenität ist also essentieller Kern des Unterrichtsformats „Seminarfach“.

Studie

Die bisherige Forschung zu Seminarfächern fokussierte sich fast ausschließlich auf den Outcome bei den SchülerInnen (Gröger, Scharf, & Schmitz, 2002; Schenk, 2005). In einer explorativen Studie sollte deshalb die Perspektive der Lehrkräfte erfasst und mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring abgebildet werden, welche neuen Herausforderungen mit den Seminarfächern von Chemie-Lehrkräften zu bewältigen sind. Hierzu wurden 16 offene Leitfadeninterviews in den Schuljahren 2011 bis 2013 mit bayerischen Chemie-Lehrkräften geführt. Das Material wurde transkribiert und die Inhalte mit Hilfe von MAXQDA kategorisiert (ca. 1900 Codings). In einer Pilotstudie zeigte sich, dass die Äußerungen der Lehrkräfte vollständig und hinreichend durch Modelle zum Professionswissen von LehrerInnen abgedeckt wurden. Das Modell der COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011) wurde daher für den naturwissenschaftlichen Unterricht durch aktuelle Literatur (Neumann, 2011) u. a. aus der ProWin-Studie (Borowski et al., 2010; Jüttner & Neuhaus, 2013; Tepner et al., 2012) konkretisiert.

Modell des Professionswissens als Kategorien-System

Aus dem beschriebenen Theoriegebilde leiteten sich direkt deduktive Oberkategorien für die Codierung der Äußerungen der Lehrkräfte ab. Diese ist weitgehend abgeschlossen, die hier genannten Zahlen sind aber noch nicht valide, da der Beleg durch Intercoder-Reliabilität noch aussteht! Im Hinblick auf die ursprüngliche Fragestellung nach neuen Herausforderungen im Rahmen der Seminarfächer zeigte sich, dass die Lehrkräfte von verschiedenen Anforderungsniveaus sprachen, die zu bewältigen waren. Erwähnten die LehrerInnen keine Schwierigkeiten sondern berichteten lediglich vom Ablauf des Seminar-Unterrichts, so wurde dies als „*Anforderung*“ gewertet. Berichteten sie aber von Problemen, die zu bewältigen waren, so galt dies als „*Herausforderung*“. Diese konnten entweder bewältigt werden („*Herausforderung – bewältigt*“) oder die Lehrkräfte äußerten, dass sie an dem Problem scheiterten oder es beim nächsten Mal deutlich anders anzugehen planen. Weiterhin gab es Fälle, in denen die Lehrkräfte sich der an sie gestellten Herausforderungen nicht bewusst waren – zum Beispiel, wenn sie die durch ministerielle Vorgaben geforderte Behandlung des Themas „Projektmanagement“ nicht beachteten und nach eigener Aussage dieses Thema im Seminar keine Rolle spielte. Aussagen zu all diesen Fällen wurden als „*Herausforderung – nicht bewältigt*“ codiert. Diese drei Anforderungsniveaus wurden nun, wo sinnvoll möglich, als induktive Unterkategorie den deduktiven Oberkategorien untergeordnet. (Bei der Kategorie „Organisationswissen“ musste für eine ausreichende Differenzierung eine weitere Kategorienebene eingeschoben werden, bei „Überzeugungen und Wertehaltungen“ ist die Unterscheidung nach Anforderungsniveaus nicht sinnvoll).

Neue Herausforderungen an das Professionswissen – Erste Ergebnisse

Wie zu erwarten, bezog sich die Mehrzahl der Aussagen der Lehrkräfte auf das eigentliche Professionswissen. Überraschender Weise betraf aber hiervon fast ein Drittel Äußerungen zum Organisationswissen der Lehrkräfte. Wie untenstehende Tabelle zeigt, war nach Aussagen der Lehrkräfte am häufigsten ihr Pädagogisch-Psychologisches Wissen (PK) durch die Seminarfächer gefordert. Wie deutlich wird, konnten die Lehrkräfte den sich stellenden Anforderungen bzw. Herausforderung in den meisten Fällen erfolgreich begegnen. Andererseits aber gab es nicht zu vernachlässigend viele Fälle, in denen die Lehrkräfte nach eigenen Aussagen an den Herausforderungen innerhalb des Seminarfaches scheiterten. Betrachtet man die Zahlen relativ zur Gesamtzahl der Äußerungen pro Aspekt, so zeigt sich, dass die LehrerInnen am häufigsten im Zusammenhang mit Herausforderungen an ihr Fachwissen (CK) scheiterten (26 % der Nennungen zu CK). Dieses Ergebnis scheint angesichts vielfach verfügbarer chemischer Fachliteratur zunächst erstaunlich.

Tab. 1: Herausforderungen an das Professionswissen von Chemie-Lehrkräften durch Seminarfächer

Aspekte	Nennungen pro Aspekt	Anforderungsgrad	Zahl Nennung	% pro Aspekt
CK	119	Anforderung	58	48,7
		Herausforderung - angegangen und bewältigt	30	25,3
		Herausforderung - nicht bewältigt	31	**26,0**
PCK	222	Anforderung	147	66,2
		Herausforderung - angegangen und bewältigt	47	21,2
		Herausforderung - nicht bewältigt	28	**12,7**
PK	416	Anforderung	291	70
		Herausforderung - angegangen und bewältigt	78	18,8
		Herausforderung - nicht bewältigt	47	**11,3**

Analysiert man die Berichte der Lehrkräfte zu Herausforderungen an ihr Fachwissen genauer, so kann man einerseits Fälle unterscheiden, die im normalen naturwissenschaftlichen Unterricht ebenso hätten vorkommen können (18 %), und solche, die im naturwissenschaftlichen Unterricht eher nicht vorkämen (81 %). Bei letzteren beschrieben die Lehrkräfte vor allem Gelegenheiten, bei denen ihnen Fachwissen zur Berufs- und Studienberatung fehlte oder Wissen zum Thema Projektmanagement. Das ist nicht weiter erstaunlich, denn beide Themenfelder gehören nicht zur Ausbildung eines Chemie-Lehrers in Deutschland. Andererseits verlangen viele Bundesländer wie Bayern, Brandenburg oder Baden-Württemberg dieses Fachwissen von den gymnasialen Lehrkräften durch entsprechende Vorgaben für Seminarfächer und -kurse. Eine Situation, die angesichts unserer Ergebnisse sicher überdacht werden muss.

Betrachtet man die Fälle, in denen Lehrkräfte Herausforderungen an ihr Fachwissen beschrieben, die im normalen Chemie-Unterricht auch hätten vorkommen können, denen sie aber nach eigenen Angaben nicht erfolgreich begegnen konnten, so scheiterten die Lehrkräfte oft bei der Betreuung der SchülerInnen bei deren individuellen Forschungsvorhaben. Den LehrerInnen fehlte dabei Fachwissen zu „Nature of Science Inquiry“ (NOSI), wie es Neumann umreißt (2011). Dies bestätigt Befunde einer weiteren Untersuchung (Masuhr, 2013): In über 70 % der Fälle vergaben die Lehrkräfte für die Seminararbeit „Themen“ an die Schüler, statt die Beantwortung einer Fragestellung oder Hypothese innerhalb der Seminararbeit zu fordern. Auch hier zeigt sich, dass die Lehrkräfte anscheinend kein tragfähiges Konzept vom Funktionieren naturwissenschaftlicher Forschung hatten.

Ausschärfung der Kategorie „Beratungswissen“

Die individuelle Betreuung der SchülerInnen sowohl im Rahmen der Studien- und Berufsorientierung als auch bei der Durchführung ihrer wissenschaftlichen Forschungsvorhaben verlangt von der Lehrkraft weiterhin ein fundiertes Beratungswissen. Um die Aussagen der Lehrkräfte korrekt kategorisieren zu können, musste eine literaturbasierte (z. B. Hertel, Bruder, & Schmitz, 2009) Ausschärfung der von COACTIV getroffenen Definition erfolgen. Beratungswissen ist danach immer dann vom Lehrer gefordert, wenn Berater und Ratsuchender im *persönlichen* Gespräch über ein für den naturwissenschaftlichen Unterricht unübliches Problem und seine Lösung sprechen. Dabei geht es um ein *individuelles* Problem, das nur diesen Schüler oder diese Schülergruppe betrifft und bei dem der Berater den Schüler *längerfristig* begleitet. Andere, im naturwissenschaftlichen Unterricht sonst vorkommende Gespräche sind im Gegensatz dazu eine übliche Anforderung an das PK der Lehrkraft. Wie unsere Ergebnisse zeigen, konnten in 66,6 % der Fälle die Lehrkräfte den Anforderungen an ihr Beratungswissen problemlos begegnen, in 15 % der Fälle konnten sie die Herausforderungen bewältigen und in nur 3 % der Fälle wurden nach Angaben der LehrerInnen die Herausforderungen an ihr Beratungswissen nicht bewältigt. Analog zum Beratungswissen wurde die Kategorie „Organisationswissen“ literaturbasiert ausgeschärft. Hier ergaben sich besondere Herausforderungen für die Lehrkräfte in der Kooperation mit externen Partnern, die für die Seminarfächer explizit gefordert ist.

Fazit

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass über die bisher vorwiegend betrachteten Aspekte des Professionswissens hinaus das Beratungs- und Organisationswissen der Lehrkräfte in den Seminarfächern besonders gefordert ist, womit die LehrerInnen aber keine größeren Probleme zu haben scheinen. Defizite im Fachwissen der Lehrkräfte treten vor allem in fachfremden Bereichen auf. Besondere Aufmerksamkeit sollte unserer Ansicht nach dem Befund gewidmet werden, dass weitere Defizite im Wissen der Lehrkräfte zu NOSI, also zur Funktion naturwissenschaftlicher Forschung, belegt werden konnten.

Literatur

Borowski, A., Neuhaus, B., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., . . . Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) - Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 341-349.

Gröger, M., Scharf, V., & Schmitz, J. (2002). Verhilft das Seminarfach in Thüringen zu einer stärkeren Ausprägung heute besonders geforderter Kompetenzen - Befunde aus Studien zum naturwissenschaftlichen Bereich. Paper presented at the Außerschulisches Lernen in Chemie und Physik, Flensburg.

Hertel, S., Bruder, S., & Schmitz, B. (2009). Beratungs- und Gesprächsführungskompetenz von Lehrkräften. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus & R. Mulder (Eds.), Lehrerprofessionalität - Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung. Weinheim: Beltz.

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.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann Verlag.

Masuhr, A. (2013). Die Facharbeit im Leistungskurs und die Seminararbeit im W-Seminar - ein Vergleich. (1. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien Zulassungsarbeit), Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg.

Neumann, I. (2011). Beyond Physics Content Knowledge - Modeling Competence Regarding Nature of Science and Nature of Scientific Knowledge (Vol. 117). Berlin: Logos-Verlag.

Schenk, R. (2005). Das Seminarfach in Thüringen. Die Entwicklung und der Anspruch des Seminarfachs in Thüringen im Kontext der Diskussion um die gymnasiale Oberstufe. (Dissertation), Universität Erfurt, Erfurt.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Hans E. Fischer, Jüttner, M., Kirschner, S., . . . Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 7-28.

Bernd Schüssele Pädagogische Hochschule Freiburg
Silke Mikelskis-Seifert
Elmar Stahl

Entwicklung, Pilotierung und Evaluation eines Instruments zur Erhebung des Wissenschaftsverständnisses in Physik

Um die Veränderungen des Wissenschaftsverständnisses in Physik durch eine Intervention zu untersuchen, wurde im Rahmen dieses Projekts ein Erhebungsinstrument entwickelt und in einer Studie mit angehenden und praktizierenden Lehrkräften pilotiert und evaluiert. Das entwickelte Erhebungsinstrument basiert auf einem Modell von Wissenschaftsverständnis, das Ansätze aus Psychologie und Naturwissenschaftsdidaktik intergriert (vgl. Schüssele, Stahl & Mikelskis-Seifert, 2013). Im Rahmen dieses Modells interagieren bei der Bildung epistemischer Urteile verschiedene kognitive Elemente, wie z. B. stabilere, domänenübergreifende epistemische Überzeugungen sowie disziplinspezifische ontologische Annahmen und themenspezifisches Inhaltswissen bezüglich der Erkenntnisgewinnung und Wissensgenerierung in der Physik. Verschiedene Aspekte der Nature of Science beinhalten solche ontologischen Annahmen und themenspezifisches Inhaltswissen und können deshalb im Sinne des Ansatzes der generativen Natur epistemischer Urteile (vgl. Bromme, Kienhues & Stahl, 2008) als Grundlagen für die Bildung epistemischer Urteile gesehen werden. Ausgehend von diesen theoriegeleiteten Annahmen wurde das Erhebungsinstrument konzipiert.

Grundlagen des Erhebungsinstruments

Bei der Entwicklung des Fragebogens wurden quantitative und qualitative Methoden integriert, um unterschiedliche Aspekte von Wissenschaftsverständnis besser erfassen und analysieren zu können. Dabei wurde auf bestehende Instrumente zurückgegriffen. Als Grundlage für die quantitative Erhebung disziplin- und kontextspezifischer epistemischer Urteile dienten die Instrumente CAEB (Connotative Aspects of Epistemological Beliefs, Stahl & Bromme, 2007) und adaptierte Items des Topic Specific Epistemic Beliefs Questionnaire (Bråten, Gil, Strømsø¸ & Vidal-Abarca, 2009). Ansichten zu Nature of Science wurden sowohl quantitativ mit geschlossenen Items des VOSE (Views on science and education, Chen, 2006) als auch mit teilweise adaptierten offenen Items des VNOS-C (Views on Nature of Science, Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002) erhoben. Geschlossene Items in Form von Ratingskalen wurden mit offenen Items in der Form kombiniert, dass thematisch abgestimmte Aufgabenblöcken entstanden. Die Antworten der offenen Items sollen Rückschlüsse auf die kognitiven Elemente ermöglichen, die bei der Bildung epistemischer Urteile in Form der Ratings aktiviert werden.

Pilotierung des Instruments

Nach ersten Testungen wurde das Instrument in einer Studie mit einer größeren Stichprobe pilotiert. Bei der Gewinnung der Stichprobe wurde darauf geachtet, dass sich die Teilnehmer/innen sowohl aus zukünftigen und ausgebildeten Lehrkräften unterschiedlicher Fachrichtungen und Schularten zusammensetzen, um eine große Bandbreite bezüglich des Inhaltswissens zu erhalten. In der Stichprobe (N = 211, davon 83 männlich und 128 weiblich) hatten 32 % das Studienfach Physik (N = 68). Die Stichprobe setzte sich in Hinblick auf die Schularten wie folgt zusammen: Grundschule 37 %, Haupt-/Werkrealschule 26 %, Realschule 23 %, Gymnasium 10 %, Berufsschule 5 %. Die Daten wurden sowohl in Form eines Online-Fragebogens als auch in einer Paper & Pencil-Fassung erfasst.

Ergebnisse

Vorrangiges Ziel der Studie war die Überprüfung und Revision des Fragebogens, um für die Hauptstudie ein verlässliches Instrument zu erhalten. Nach Item- und Skalenanalysen wurden einige Items zur Verbesserung der Reliabilität einzelner Skalen bzw. ganze Skalen entfernt, wenn die Reliabilität für die Auswertung der Vorstudie sowie Aufnahme in den Fragebogen der Hauptstudie zu gering war. Die dreizehn verbliebenen Skalen zu epistemischen Urteilen, ontologischen Annahmen und Ansichten zu Nature of Science zeigten akzeptable bis gute Werte der Reliabilität (α_{min} = .72 bis α_{min} = .87).

Orientiert an der Vorgehensweise der strukturierenden Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010) wurden die offenen Items von zwei Kodierern ausgewertet. Dabei fand eine theoretische Orientierung an den Arbeiten von Lederman et al. (2002) und Hofheinz (2008) statt. Bei der Überprüfung der Intercoder-Übereinstimmung zeigte sich eine gute Gesamtübereinstimmung von C_R = .88 nach dem Koeffizienten von Holsti.

Kriterien für die Entfernung von Items für die Hauptstudie waren neben den Ergebnissen der Item- und Reliabilitätsanalyse auch inhalts- und kapazitätsbezogene Gründe. So reduzierte sich der Umfang des Fragebogens der Vorstudie von 13 thematischen Aufgabenblöcken mit insgesamt 15 offenen und 128 geschlossenen Items auf acht Aufgabenblöcke mit acht offenen und 95 geschlossenen Items.

Bei der inferenzstatistischen Analyse der Daten interessierten unter anderem mögliche Unterschiede zwischen den disziplinspezifischen epistemischen Urteilen in Physik und Erziehungswissenschaften. Die epistemischen Urteile der Studienteilnehmer/innen in der Dimension Textur zum Wissen in Physik (M = 2.54, SD = .89) unterschieden sich hochsignifikant von epistemischen Urteilen zum Wissen in den Erziehungswissenschaften (M = 5.01, SD = .80), t (207) = -29.08, p < .000. Die Effektstärke ist mit d_z = 2.03 sehr hoch. Die Teilnehmer beurteilten demnach Wissen in Physik als deutlich objektiver, beweisbarer, exakter und genauer als in den Erziehungswissenschaften.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich im Vergleich der Disziplinen bei der Bildung epistemischer Urteile in der Dimension Variabilität, in der die Teilnehmer/innen Wissen in Physik hochsignifikant anders beurteilen als in den Erziehungswissenschaften. So bewerten die Studienteilnehmer/innen Wissen in Physik (M = 4.52, SD = 1.08) als eher statisch, inflexibel, fertig und unwiderlegbar im Vergleich zu Wissen in den Erziehungswissenschaften (M = 5.54, SD = .79), t (206) = -12.08, p < .000. Auch hier zeigt sich ein hoher Effekt von d_z = .84.

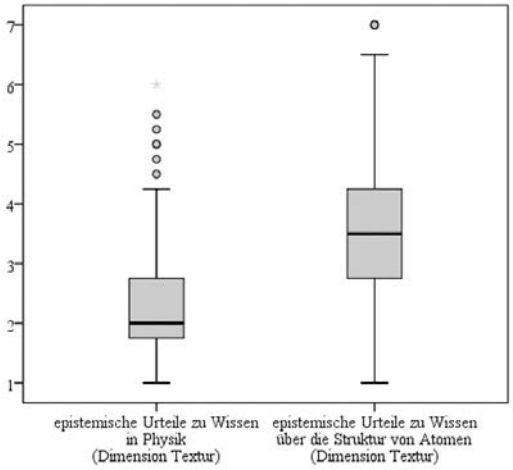


Abb. 1: Vergleich disziplin- und themenspezifischer epistemischer Urteile

Ebenso interessierte, ob bedeutsame Unterschiede zwischen disziplinspezifischen und kontext- bzw. themenspezifischen epistemischen Urteilen bestehen. Es wurden die disziplinspezifischen epistemischen Urteile zu Wissen in Physik mit den themenspezifischen epistemischen Urteilen zum Wissen über die Struktur von Atomen verglichen (Abb. 1). Auch hier konnte beobachtet werden, dass sich in der Gesamtstichprobe die themenspezifischen Urteile zum Wissen über die Struktur von Atomen (M = 3.59, SD = 1.19) hochsignifikant von den disziplinspezifischen Urteilen (M = 2.31, SD = .95) unterscheiden, t (202) = -14.71, p < .000, d_z = 1.03. Die

Studienteilnehmer/innen beurteilten demnach das themenspezifische Wissen aus dem Bereich der modernen Physik im Vergleich zu disziplinübergreifendem Wissen in Physik als ungenauer, subjektiver, unbeweisbarer und diffuser. Dies ist ein Hinweis auf die Kontext- und Themensensibilität epistemischer Urteile.
Um den Einfluss des studierten Fachs (Physiker/Nichtphysiker) und der studierten Schulart festzustellen, wurde eine zweifaktorielle MANOVA durchgeführt, in die als abhängige Variablen alle Skalen einbezogen wurden. In der MANOVA ließen sich bezüglich der Gruppenunterschiede weder Interaktions- noch Haupteffekte feststellen. Deshalb wurden keine weiteren univariaten Analysen an den Globaltest angeschlossen.
Zum Vergleich der Antworten der offenen Items wurden nichtparametrische Verfahren genutzt. Bei einem Kruskal-Wallis-Test konnte kein signifikanter Einfluss des Faktors Schulart festgestellt werden. Zum Vergleich der angemessenen und unangemessenen Ansichten von „Physikern“ und „Nichtphysikern“ wurden Mann-Whitney *U*-Tests gerechnet. Bezüglich der unangemessenen Ansichten konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Dagegen zeigten Physiker (*Mdn* = 5) hochsignifikant mehr informierte Sichtweisen in den offenen Antwortformaten zu Nature of Science als Nichtphysiker, (*Mdn* = 4), $U = 3449{,}50$, $z = -3.43$, $p < .001$, $r = -.24$. Weitere Analysen ergaben, dass es vor allem Antworten in den Kategorien „Kreativität und Vorstellungskraft“ und „Beobachtungen, Schlussfolgerungen, Denkmodelle“ waren, in denen die Teilnehmer/innen mit studiertem Fach Physik signifikant mehr informierte Sichtweisen zeigten.

Zusammenfassung

Die in der Literatur (z. B. Bromme et al., 2008) beschriebene Kontextabhängigkeit epistemischer Urteile konnte in der Studie bestätigt werden. Die Analyse des Wissenschaftsverständnisses ergab auf Skalenebene keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lehrämtern sowie Physikern und Nichtphysikern. Die Auswertung der offenen Items legt nahe, dass bedeutsame Unterschiede in der Qualität der Antworten zwischen Physikern und Nichtphysikern bestehen. Dabei beinhalten die Antworten der Physiker häufiger angemessene Ansichten. Im Vergleich zu den Lehrkräften ohne das Studienfach Physik scheinen Lehrkräfte mit dem Studienfach Physik fundierteres Wissen darüber zu haben, wie physikalisches Wissen generiert wird und dass Kreativität und Vorstellungskraft dabei eine wichtige Rolle spielen.

Literatur

Bråten, I., Gil, L., Strømsø„, H. I. & Vidal-Abarca, E. (2009). Personal epistemology across cultures: exploring Norwegian and Spanish university studentsâ epistemic beliefs about climate change. Social Psychology of Education, 12 (4), 529–560.

Bromme, R., Kienhues, D. & Stahl, E. (2008). Knowledge and Epistemological Beliefs: An Intimate but Complicate Relationship. Knowing, Knowledge and Beliefs. In M. S. Khine & M. S. (Khine (Hrsg.), Knowing, knowledge and beliefs: Epistemological studies across diverse cultures (S. 423–441). New York: Springer Science + Business Media.

Chen, S. (2006). Views on science and education (VOSE) questionnaire. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching (7), 1–11.

Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über "Nature of Science". Dissertation, Siegen, Universität.

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.

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

Schüssele, B., Stahl, E. & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehramtsstudierenden im Rahmen eines "Learning by Design"-Ansatzes. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 671–673). Kiel: IPN.

Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. Learning & Instruction, 17 (6), 773–785.

Lydia Schulze Heuling[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Matthias Nückles[2]

[1]PH Freiburg
[2]Universität Freiburg

Das Wissenschaftsverständnis von Physiklehrkräften und der Zusammenhang mit Unterrichtsmethoden

Theoretischer Rahmen

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit Aspekten des Professionswissens von Physiklehrkräften. Der Terminus Professionswissen bezieht sich auf Kompetenzstandards, die der Beschreibung bzw. Qualitätssicherung in der Aus- und Weiterbildung erfolgreicher Lehrpersonen dienen sollen (Terhart, 2000; Clandinin & Conelly, 1995). In der aktuellen Debatte haben sich vor allem drei Dimensionen des Professionswissens, das Fachwissen, das pädagogische Wissen und das fachdidaktische Wissen durchgesetzt (Shulman, 1987). Konkret wurden in der im Folgenden skizzierten Studie die ‚Lehrersicht auf die *nature of science'* (*Wissenschaftsverständnis*) als fachwissenschaftlicher Kompetenzfacette, die Unterrichtsmethoden von Physiklehrkräften als pädagogischer Kompetenzfacette sowie der Zusammenhang zwischen diesen beiden Aspekten untersucht.

Der Terminus Wissenschaftsverständnis ist eng verwandt mit den Forschungsgebieten der *nature of science* und domänenspezifischer epistemischer Überzeugungen. Bei dem Themenkomplex *nature of science* wird aus fachdidaktischer Perspektive die didaktische Relevanz der Aspekte der *nature of science* verhandelt und das Wissen über diese Aspekte getestet (Kircher, 2010). In der psychologischen Forschung zu domänenspezifischen epistemischen Überzeugungen geht es um die Erforschung subjektiver Theorien zu Wissen, zur Aufgabe und Struktur von Naturwissenschaften (Neumann & Kremer, 2014; Priemer, 2006). Zur Unterscheidung, dass in dieser Studie die Erforschung der Verstehensweisen zu *nature of science* aus Lehrerperspektive erfolgt, wurde der Begriff *Wissenschaftsverständnis* gewählt. Zum Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnis und Unterrichtmethoden liegen bisher wenig empirische Studien vor. Bisherige Arbeiten fokussierten auf die Rolle allgemeiner Auffassungen über Lehren und Lernen in Hinblick auf die Präferenz von Lernaufgaben (Staub & Stern, 2002) oder analysierten den Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung des eigenen Fachwissens (Prosser et al., 2005) und den Überzeugungen über Lehren und Lernen.

Entwicklung eines Testinstruments zum Wissenschaftsverständnis

In den vergangenen Jahren entwickelten wir ein Erhebungsinstrument, welches das Wissenschaftsverständnis und die Unterrichtsmethoden anhand von Lehrerselbstauskünften misst (Schulze Heuling, Mikelskis-Seifert & Nückles, 2014a). In einer Vorstudie wurde eine Taxonomie zum Wissenschaftsverständnis über Physik als Wissenschaft und Unterrichtsfach sowie von Unterrichtsmethoden entwickelt (Schulze Heuling, Mikelskis-Seifert & Nückles, 2014b). Die Interviewanalyse förderte vier charakteristische Wissenschaftsverständnisse zutage: das experimentgeleitete, das modellgeleitete, das autoritätsgeleitete und das diskursgeleitete Wissenschaftsverständnis. Anhand der Vorstudie wurde ein Fragebogen entwickelt und pilotiert. Wissenschaftsverständnis und Unterrichtsmethoden werden in Selbstauskünften anhand von Vignetten erhoben. Ergänzt werden die Items zur Messung der Unterrichtsmethoden durch Häufigkeitserhebungen von Sozialformen und dem Einsatz unterschiedlicher Medien (Kircher, Girwidz & Häußler, 2010).

Forschungsinteresse und Hypothesen der Studie

Mit dem Ziel, den Zusammenhang zwischen Wissenschaftsverständnissen und Lehr-Lern-Methoden, einschließlich der Sozialformen und Unterrichtsmaterialien auf der Basis von

Strukturgleichungsmodellen zu erforschen, sind Modellannahmen notwendig. Die hier zugrunde gelegte Modellannahme (Abb. 1) basiert auf Hinweisen aus der Literatur und wurde bereits durch multiple lineare Regressionen an den Datensätzen einer Vorstudie exploriert (Schulze Heuling, Mikelskis-Seifert & Nückles, 2014c).

Studien zeigten, dass in Bezug auf das Lehren und Lernen die Überzeugungen von Lehrkräften, insbesondere Annahmen über ontologische und didaktische Aspekte der Fachwissenschaft (Mistades, 2007), die Gestaltung des Unterrichts beeinflussen (Pajares, 1992; Pomeroy, 1993). Diese Annahmen bilden sich schon, wenn die zukünftigen Lehrpersonen selber noch Schüler sind (Brookhart & Freeman, 1992; Calderhead & Robson, 1991). Während des Studiums differenzieren sich dann zwei Domänen des Wissenschaftsverständnisses aus, das Verständnis von der Fachwissenschaft und das Verständnis über die didaktischen Fachinhalte (Adams et al., 2006).

Abb. 1. Modellannahme zum Zusammenhang von Wissenschaftsverständnis und Unterrichtsmethoden.

Methodisches Vorgehen

Mittels des Onlinefragebogens wurden Physiklehrkräfte in Deutschland, der Schweiz und Österreich befragt. Insgesamt gingen 253 vollständig ausgefüllte Fragebögen in die Auswertung ein. Zur Modellevaluation wurden Strukturgleichungsmodelle berechnet. Statistische Signifikanz wurde durch einen Likelyhood-ratio $\chi 2$- Test kontrolliert. Weiterhin wurden folgende Indikatoren überprüft, welche die Qualität des Modells beschreiben: Root Mean Sqare Error of Approximation (RMSEA), Comparative Fit Index (CFI), Tucker-Lewis Indes (TLI) sowie Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) (Hu & Bentler, 1999).

Ausgewählte Ergebnisse

Das Modell zeigt für das experiment- und autoritätsgeleitete Wissenschaftsverständnis, dass sich die theoretisch-ontologischen Verständnisse linear auf das didaktische Wissenschaftsverständnis abbilden. Das experimentgeleitete Wissenschaftsverständnis von Schulphysik wird weiterhin signifikant von der Lehrerfahrung beeinflusst (gemessen in Jahren, $\beta=.124$, $0.001\leq p<0.01$) und hängt eng mit dem Einsatz von Schülerexperimenten ($\beta=0.146$, $0.001\leq p<0.01$) und dem Arbeiten in Kleingruppen ($\beta=0.141$, $0.01\leq p<0.05$) zusammen. Im Gegensatz dazu neigen Lehrkräfte mit einem autoritätsgeleiteten didaktischen Wissenschaftsverständnis zu weniger Kleingruppenarbeit ($\beta=-0.135$, $0.01\leq p<0.05$), aber gestalten ihren Unterricht unter verstärktem Einsatz von Tafel oder Whiteboard ($\beta=0.235$, $p<0.001$). Dieser Befund weist auf eine eher frontale Unterrichtssituation hin, zumal Lehrpersonen mit einem autoritätsgeleiteten Wissenschaftsverständnis weniger Methoden anbieten, die aktives und konstruktionsorientiertes Lernen beinhalten ($\beta=0.459$, $p<0.001$). Die Situation ist anders bei Lehrkräften, die das Experiment ins Zentrum ihres Wissenschaftsverständnisses stellen. Sie tendieren signifikant zu schülerorientierten Lernmethoden ($\beta=0.248$, $p<0.001$).

Zusammenfassung

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Lehrpersonen ihr ontologisches Wissenschaftsverständnis mit der Darstellung des Fachs im Schulunterricht direkt verknüpfen. Diese Aspekte gilt es, in der Lehrerausbildung zu berücksichtigen. Verstärkt

könnten hier Angebote zur Selbstevaluation helfen, Lehrpersonen zum Nachdenken über ihr Wissenschaftsverständnis anzuregen und verstärkt die Aspekte von *nature of science* daran anzubinden. Gleichwohl gilt zu bedenken, was aus der *conceptual change* Forschung bei Schülerinnen und Schülern bereits bekannt ist, dass sich subjektive Theorien nur schwer ändern lassen.

Literatur

Adams, W.K, Perkins, K.K., Podolefsky, N. S., Dubson, M. Finkelstein, N. D., & Wieman, C.E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey, Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 2.

Brookhart, S. & Freeman, D. (1992). Characteristics of entering teacher candidates. Review of Educational Research, 62, 37-60.

Calderhead, J. & Robson, M. (1991). Images of teaching: Student teachers‘ early conceptions of classroom practice. Teaching and Teacher Education, 7, 1-8.

Clandinin, D. J. & Connelly, F. M. (1995). Teachers’ professional knowledge landscapes. New York: Teachers College Press.

Hu, L. & Bentler, P. (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.

Kircher, E. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lernen. In E. Kircher, R. Girwidz, P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik (S. 763–798). Heidelberg: Springer.

Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2010). Physikdidaktik. Berlin Heidelberg: Springer.

Mistades, V. (2007). Physics Teachers‘ Beliefes and Their Performance in an In-service Training Program. Science Education International, 3(18), 173-187.

Neumann, I., Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 209-232.

Pajares, M. F. (1992). Teachers’ beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. Review of Educational Research, 62(3), 307-332.

Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers’ beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. Science Education, 77(3), 261- 278.

Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 159-175.

Prosser, M., Martin, E., Trigwell, K., Ramsden, P., Lueckenhausen, G. (2005). Academics experiences of understanding of their subject matter and the Relationship of this to their experiences of teaching and learning. Instructional Science, 33, 137-157.

Schulze Heuling, L., Mikelskis-Seifert, S. & Nückles, M. (2014a). “Explorative Studies on Physics Teachers’ Notions about Science and their Interdependency with Methods of Instruction”. In: E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference.

Schulze Heuling, L., Mikelskis-Seifert, S. & Nückles, M. (2014b). „Taxonomy about Physics Teachers Notions about Science and Methods of Instruction”. In The Power of Education Research for Innovation in Practice and Policy, Online Proceedings of the AERA 2014 Conference (online repository).

Schulze Heuling, L., Mikelskis-Seifert, S. & Nückles, M. (2014c). „Empirical study on interdependencies between physics teacher's notions about science and methods of instruction”. In Awakening Dialogues - Advancing Science Education Research Practices and Policies, Proceedings of the NARST 2014 Conference (CD-ROM).

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1–22.

Staub, F., & Stern, E. (2002). The nature of teacher’s pedagogical content beliefs matters for students’ achievement gains: quasi-experimental evidence from elementary mathematics. Journal of Educational Psychology, 94 (2), 344-355.

Terhart, E. (2000). Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission. Weinheim: Beltz 2000.

Manuela Welzel-Breuer[1, 2]
Nina Skorsetz[1, 2]
Maria Breuer[2]
Melitta Göres[3]
Sigrid Strecker[3]
Carolin Seelmann[3]

[1]Pädaogische Hochschule Heidelberg
[2]Forscherstation gGmbH
[3]Stiftung Lesen

Kinder, MINT und Literacy

Etwa 7,5 Millionen erwachsene Menschen in Deutschland – das sind mehr als 14 % der erwerbsfähigen Bevölkerung - sind funktionale Analphabeten (Grotlüschen & Riekmann, 2011, S. 2). Eltern nehmen ihre Aufgabe zur Förderung der Lesemotivation zu wenig wahr: Etwa 30 % mit Kindern im Alter bis zehn Jahre lesen nicht oder nicht regelmäßig vor (Stiftung Lesen, 2013, S. 7). Dabei ist unumstritten, dass sprachliche Kompetenzen Schlüssel für erfolgreichen Bildungsverlauf und beruflichen Erfolg sind. Ausgehend von den alarmierenden Zahlen zum Stand der Lesekompetenz sowie zum Fachkräftemangel in den naturwissenschaftlich-technischen Bereichen, ergab sich die Notwendigkeit, Maßnahmen zu entwickeln und zu erproben, die diesen Trends bereits im frühen Kindesalter entgegen wirken. Auf der einen Seite bietet der Zugang über Vorlesen und Erzählen durch die Einbettung in Dramaturgie, Rahmenhandlung und Protagonisten einer Geschichte, Möglichkeiten der thematischen Hinführung zu naturwissenschaftlichen Themen sowie einen unkonventionellen Zugang zu Phänomen der natürlichen Lebenswelt und zu Sinneserfahrungen - insbesondere auch für Kinder, die keine unmittelbare Affinität zu MINT-Themen haben. Andererseits bietet eine Beschäftigung mit MINT-Themen wichtige Sprachanlässe sowie natürliche Anlässe zur Abstraktion des Erlebten und zu dessen Dokumentation (Visualisierung, Protokollierung, Präsentation und Vermittlung), aber auch einen Rahmen für die Verknüpfung und Förderung unterschiedlicher Sinneswahrnehmungen auf ganzheitliche Weise und Gelegenheiten zur Reflexion und Meta-Kognition (Illner, 2005; Jampert, Leuckefeld, Zehnbauer & Best, 2005; Braun, Diehl & Diemer 2010).

Naturwissenschaftliches Forschen und Experimentieren brauchen Sprache und Kommunikation, Sprache und Kommunikation brauchen Inhalte

Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Sprachförderung müssen und können als Querschnittsaufgabe und wichtige Bausteine aller frühkindlichen Erziehungs- und Bildungspläne gemeinsam gestärkt werden. Kinder brauchen Räume für ein individuelles, ganzheitliches Lernen mit allen Sinnen. Eine Verknüpfung von Literacy- und MINT-Bildung kann genau dies bieten. Frühkindliche Literacy-Bildung braucht kompetente Sprachvorbilder, möglichst viele Kommunikationsanlässe (Quantität), interessante Inhalte zu variationsreichen Themen (Qualität) sowie Gesprächsangebote zum selbstständigen und angeleiteten Reflektieren. Ist dies gegeben, dient „Sprache als Werkzeug für den Erkenntnisgewinn“ (Jampert, 2009). Frühe naturwissenschaftliche Bildung funktioniert in anregenden Explorier- und Experimentierfeldern. Sie ermöglicht Impulse für kindliche Neugier und Wissensdurst, bietet Raum für sinnliche Erfahrungen und deren Reflexion. Die Kinder erhalten hier Gelegenheiten zum freien Ausprobieren, ohne Leistungsdruck oder Zielvorgaben (Lernvorgaben). Sie können sinnliche Aktivitäten und Erfahrungen im Umgang mit Naturphänomenen in Sprache fassen. Geschieht dies früh, also bereits im Kindergartenalter, werden die Kinder gut auf die Anforderungen der Grundschule und ein angemessenes Naturverständnis vorbereitet. Elsbeth Stern beschreibt dies besonders anschaulich: „Auf naturwissenschaftliches Verständnis können Kinder vorbereitet werden, indem bestimmte Erfahrungen ermöglicht werden, z. B. dass der Wasserspiegel in einem Gefäß steigt, wenn

ein Gegenstand eingetaucht wird. Darauf kann im Sachunterricht der Grundschule zurückgegriffen werden, wenn für das Schwimmen und Sinken von Gegenständen Erklärungen erarbeitet werden, die dann einige Jahre später das Verständnis von physikalischen Begriffen wie Dichte und Auftrieb erleichtern“ (Stern, 2004, S. 534).

Häufig sind die pädagogischen Fachkräfte auf interdisziplinäre Anforderungen nicht ausreichend vorbereitet. Sprachförderung geschieht in der Regel unabhängig von anderen Bildungsangeboten. Frühe naturwissenschaftliche Bildung etabliert sich in den Kindergärten als ein zusätzlicher Bildungsbaustein. Man kann jedoch beides sehr gut miteinander verbinden. Mit dem Ziel, pädagogische Fachkräfte dabei zu unterstützen, wurde in Heidelberg das interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Kinder, MINT und Literacy“ ins Leben gerufen. Experten der Forscherstation, Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH und der Stiftung Lesen haben gemeinsam eine Fortbildungsreihe zur Qualifizierung pädagogischer Fachkräfte von Kitas entwickelt, im WS 2013/14 pilotiert und über eine Teilnehmerbefragung evaluiert. Das Projekt wird von der Klaus Tschira Stiftung finanziert.

Ziele der Fortbildungsreihe „Auf Entdeckerreise zum Geschichtenschatz“
Im Rahmen adressatenspezifischer Fortbildungen erwerben die pädagogischen Fachkräfte Kompetenzen dazu, wie sie die frühe Begegnung mit Naturphänomenen auch für die Schaffung von Sprachanlässen nutzen und somit mit Methoden der Literacy-Bildung im Alltag verbinden können. Hauptziel der Fortbildungsreihe ist es, bei den Teilnehmern zunächst Bewusstsein dafür zu schaffen, dass MINT- und Literacy-Förderung kombinierbar sind, indem man

- Themen aus MINT gezielt zur Sprachentwicklung, sowie Geschichten und Gedichte als Anlässe zum Explorieren, Nachdenken und Kommunizieren nutzt.
- über reichhaltige Lernumgebungen Freude und Interesse an Naturphänomenen und Sprache weckt.
- zeigt, wie MINT- und Literacy-Förderung in den Kita-Alltag integrierbar sind.
- eine anregende Lernatmosphäre schafft.

Durch einen ganzheitlichen Zugang nutzen wir das Interesse und die frühe Begeisterung der Kinder für MINT-Themen und nehmen sie als Ausgangspunkt, um eine Kompetenzerweiterung durch die Verknüpfung von MINT-Themen mit Sprach- und Literacy-Bildung auf verschiedenen Handlungsebenen anzustoßen.

Aufbau der Fortbildungsreihe
Die gemeinsam konzipierte Fortbildungsreihe besteht aus fünf Modulen, die über fünf Monate berufsbegleitend angeboten werden. Sie ist gekennzeichnet durch viele praxisnahe Aktivitäten, das Erleben und Reflektieren konkreter Beispiele und die Erprobung dabei entstehender eigener Ideen in der Praxis. Im Rahmen der Fortbildung werden naturwissenschaftlich-mathematische Beispielthemen und passende Kinderbücher und -geschichten dazu genutzt, die Vielfalt von Verknüpfungsmöglichkeiten kennenzulernen, aber auch auf andere inhaltliche Themen und Arbeitsweisen der frühen naturwissenschaftlichen Bildung zu erweitern. Die Methoden sind vielfältig und beziehen den Kindergartenalltag mit seinen organisatorischen Möglichkeiten mit ein. Wie in der Forscherstation üblich, nehmen immer zwei pädagogische Fachkräfte pro Kita in Tandems teil. Die Leitung der Fortbildung wird ebenso im Tandem bestehend aus einer Sprachwissenschaftlerin und einer Fachdidaktikerin angeboten. Die folgenden fünf Module bauen aufeinander auf und führen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in die Idee der Verknüpfung von MINT- und Literacy-Bildung ein:

1. Von Geschichten zum Experiment - vom Experiment zu Geschichten
In der Auftaktveranstaltung werden zunächst ausgewählte Kinderbücher und Geschichten als Ausgangspunkt für Explorationen erlebt. Im zweiten Teil erfinden die Teilnehmer mit vorgegebenem Material selber Geschichten.
2. Naturwissenschaftliche Phänomene beobachten, Beobachtungen versprachlichen
Im zweiten Modul geht es darum, Eigenschaften von Alltagsgegenständen zu benennen, Objekte zu vergleichen und Kategorien zu bilden.
3. Naturwissenschaftliche Phänomene als Sprach- und Kommunikationsanlässe nutzen
Hier werden verschiedene Naturphänomene (z. B. die Farben des Regenbogens) erlebt, das Erlebte ist z. B. einem Gesprächspartner (einer Handpuppe) zu berichten. Dabei sind die Phänomene möglichst genau zu beschreiben.
4. Beobachten, Fragen stellen, Vermutungen formulieren und überprüfen
Im vierten Modul können die Teilnehmer Naturphänomene im Zusammenhang mit einer Geschichte erleben, dazu Fragen formulieren und nach eigenen Antworten suchen.
5. Vielfalt der Möglichkeiten: Reflexion der eigenen Praxis
In der letzten Veranstaltung stellen die pädagogischen Fachkräfte ihre eigenen Beispiele und Erlebnisse aus der Kindergartenpraxis vor und reflektieren sie mit Blick auf die oben genannte Zielstellung.

Evaluation der Fortbildungsreihe
Die Fortbildungsreihe wurde inzwischen zweimal durchgeführt und u. a. über eine schriftliche Befragung der Teilnehmer im pre-post-Design und unter Nutzung von fünfstufigen Likert-Skalen evaluiert. Die Ziele der Fortbildungsreihe standen dabei im Mittelpunkt unseres Interesses. An der schriftlichen Befragung nahmen insgesamt 35 Personen teil (32 Frauen und 3 Männer). Sie waren zwischen 23 und 66 Jahre alt und hatten zwischen einem und 43 Jahren Berufserfahrung.

Ausgewählte Ergebnisse
Alle 35 Teilnehmer erlebten es als Herausforderung und Chance, zwei bisher getrennte Bereiche miteinander zu verbinden und dies als Gewinn zu sehen. Das Ziel, Bewusstsein zu schaffen, für die Möglichkeit MINT- und Literacy-Förderung zu kombinieren, wurde erreicht. Unsere statistischen Auswertungen ergaben Zuwächse bei folgenden Fragebogen-Items: „Vorlesen ist in Bezug auf Naturphänomene wichtig“, „Ich nehme mehrmals in der Woche Alltagsphänomene als Ausgangspunkt für gemeinsames Nachdenken“ (Zuwachs: 23 %), „Ich binde Experimente in eine Rahmengeschichte ein“ (Zuwachs: 20 %), „Ich weiß, wie man mit einem Bilderbuch auf die Fragen der Kinder eingehen kann“ (Zuwachs: 17 %).

Literatur
Braun, C., Diehl, U. & Diemer, M. (2010). Mein Forscherspielbuch. Mannheim, Zürich: Dudenverlag
Grotlüschen, A. & Riekmann, W. (2011). leo. – Level-One Studie. Literalität von Erwachsenen auf den unteren Kompetenzniveaus. Presseheft
Illner, R. (2005). Naturwissenschaften und Sprache. Erarbeitung eines Konzepts zur Verknüpfung des Bildungsbereichs Naturwissenschaften mit der sprachlichen Förderung in Kindertagesstätten. Expertise im Auftrag des Deutschen Jugendinstituts, München.
Jampert, K., Leuckefeld, K., Zehnbauer, A. & Best, P. (2009) Sprachliche Förderung in der Kita: Wie viel Sprache steckt in Musik, Bewegung, Naturwissenschaften und Medien. Weimar, Berlin: verlag das netz.
Stern, E. (2004): Wie viel Hirn braucht die Schule? In: Zeitschrift für Pädagogik 50 (4), S. 531-53
Stiftung Lesen (2013). Vorlese Studie. Neuvermessung der Vorleselandschaft. http://www.stiftunglesen.de/download.php?type=documentpdf&id=1064

Brigitte Pflüger-Schmezer Pädagogische Hochschule Heidelberg
Manuela Welzel-Breuer

Informationsflüsse – Eine empirische Studie zur Rolle der Eltern und deren Resonanz auf frühe naturwissenschaftliche Bildungsangebote

Naturwissenschaftliche Bildung ist inzwischen in den Kindergärten offiziell verankert und gehört zum elementarpädagogischen Bildungsauftrag (KMK, 2004). Pädagogische Fachkräfte werden geschult und es ist davon auszugehen, dass in vielen Einrichtungen naturwissenschaftliche Bildungsangebote in den Konzeptionen der Kindergärten implementiert sind. Was aber passiert mit den hier erworbenen Erfahrungen und dem Wissen zu Hause? Inwieweit sind die Bildungsangebote zwischen Elternhaus und Kindergarten aufeinander abgestimmt?

Hintergrund und Rahmenbedingungen

Kinder zwischen drei und sechs Jahren leben in einem geteilten Betreuungsfeld und wechseln täglich zwischen Kindergarten und Familienleben. Beide Lebenswelten eröffnen Bildungsangebote.

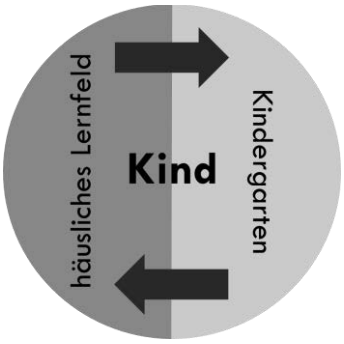


Abb.1 Geteiltes Betreuungsfeld

Der Einfluss des Familienlebens mit seinen eigenen Erfahrungsräumen spielt dabei eine große Rolle. Folgt man pädagogischen Studien, ist davon auszugehen, dass das Familiensetting einen dominierenden Einfluss auf die Entwicklung des Kindes hat (vgl. Sylva & Taggert, 2010; Tietze et al., 2012). Eltern und Geschwister sind die Vorbilder des Kindes (vgl. Ansari, 2009). Die Eltern sind die Experten ihres Kindes. Eltern geben Orientierung und bieten unterschiedliche Entfaltungsspielräume. Sie können auf die Erlebnisse und Erfahrungen der Kinder im Kindergarten reagieren und sie in ihren eigenen Familienalltag einbeziehen. Ergebnisse der EPPE-Studie (Sylva & Taggart, 2010) und der NUBBEK-Studie (Tietze et al., 2012) belegen, dass die Entwicklung eines Kindes in starkem Maße davon abhängt, was Eltern mit ihrem Kind unternehmen: ob sie ihm z. B. Geschichten vorlesen, gemeinsam mit ihm kochen, singen, reimen. Dies alles können und sollten Anlässe für Bildung sein, denn in den Dingen des Alltags stecken die Dinge der Welt (vgl. Elschenbroich, 2005; Welzel, 2006). „Es ist (…) wichtiger, was Eltern tun, als was sie sind“ (Sylva & Taggart 2010, S. 17). Der Orientierungsplan für Bildung und Erziehung für die baden-württembergischen Kindergärten verlangt die Förderung kontinuierlicher Biographien ohne Brüche, das heißt: Erziehungs- und Bildungspartnerschaften von Eltern und pädagogischen Fachkräften in einem dynamischen Prozess. Um an die Bildungsarbeit in den Kindergärten anknüpfen zu können, brauchen Eltern die Kenntnis der

Kindergartenpraxis. Die pädagogischen Fachkräfte in Kindertageseinrichtungen brauchen wiederum die Kenntnis über die Bildungsarbeit in den Familien. Beide sollten darüber inhaltlich kommunizieren. Darüber, inwieweit dies tatsächlich passiert und inwiefern Informationsflüsse zwischen Kindergarten und Elternhaus existieren und genutzt werden, ist bisher – zumindest für den Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung – nichts bekannt.
Ziel dieser empirischen Studie ist es, diese Lücke zu bearbeiten und die Resonanz der Bildungsarbeit im Kindergarten im Hinblick auf die Wahrnehmung, Nutzung und Weiterführung in der Familie detailliert zu untersuchen. Was erfahren Eltern inhaltlich aus der Arbeit im Kindergarten im Hinblick auf frühe naturwissenschaftliche Bildungsangebote? Wie erfahren sie es? Werden Berichte und Erfahrungen aus dem Kindergarten zu Hause aufgegriffen und wenn ja, wie? Informieren sie sich bei den Kindern oder den pädagogischen Fachkräften bewusst zu naturwissenschaftlichen Bildungsangeboten? Wenn ja, wie? Kommunizieren die Eltern ihre eigene Bildungsarbeit im Bereich Naturwissenschaften mit dem Kindergarten? Welcher Bedarf an Kommunikation zwischen Kindergarten und Elternhaus lässt sich ableiten?

Methodisches Vorgehen
Die Studie ist als explorative Feldstudie angelegt. Untersucht werden die Informationsflüsse von Kindertageseinrichtungen, in denen nachweislich frühe naturwissenschaftliche Bildung durchgeführt wird. Um Erkenntnisse zur Resonanz der Elternhäuser auf diese naturwissenschaftlichen Bildungsangebote im Kindergarten zu gewinnen, wurden im Juni/Juli 2013 mit den Leitungen von vier solcher Kindertageseinrichtungen und im September bis Dezember 2013 mit insgesamt 40 Eltern der fünf- bis sechsjährigen Kinder der Vorschulgruppen dieser Einrichtungen Leitfaden gestützte Einzelinterviews durchgeführt. Die Interviews mit den Eltern und pädagogischen Fachkräften orientierten sich an den oben aufgeführten Forschungsfragen und wurden jeweils im Kindergarten, also in den Eltern vertrauten Räumen durchgeführt, um „die Experimentalsituation so natürlich wie möglich zu belassen“ (vgl. Scholl, 2009, S. 95). Die Interviewsituation erfüllt damit den Anspruch der ökologischen Validität. Die Auswertung des Interviewmaterials erfolgt – orientiert an den Forschungsfragen – über eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2008).

Erste Ergebnisse
Die erste Forschungsfrage beschäftigt sich mit dem Informationsfluss zwischen den beiden Betreuungsfeldern. Die Frage hierzu lautete: Was erfahren Eltern inhaltlich aus der Arbeit im Kindergarten im Hinblick auf frühe naturwissenschaftliche Bildungsangebote? Zwei Fragen des Interviewleitfadens betreffen diesen Aspekt: „Was haben Sie als Eltern von naturwissenschaftlichen Angeboten mitbekommen?“ und: „Was erzählt Ihr Kind?“.

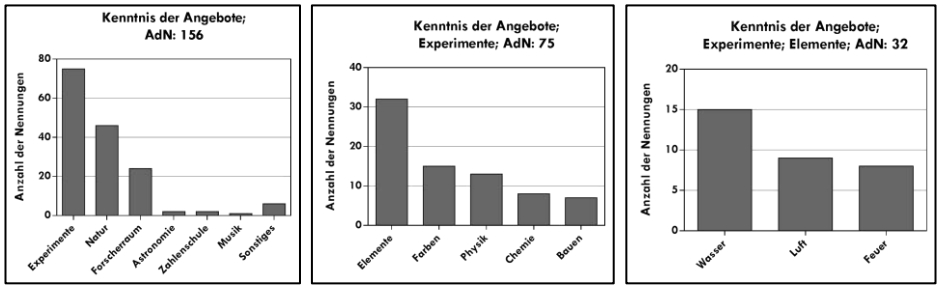


Abb.2: Kenntnis der Angebote

Die Interviews mit den 40 Eltern ergaben zu diesen Fragen 156 Nennungen zu den Bereichen „Experimente“, „Natur“, „Forscherraum“, „Zahlenschule“, „Musik“ und „Sonstiges“ (Abb. 2, links), wobei knapp die Hälfte der Nennungen (n=75) der Codierung „Experimente“ zugeordnet wurden. Dies bedeutet, dass die Eltern von konkreten Experimenten berichteten, die die Kinder im Kindergarten durchgeführt haben. Die Experimente (Abb. 2, Mitte) wiederum lassen sich in die Bereiche: Experimente zu den vier Elementen, Farben, Physik, Chemie und Bauen untergliedern. In dieser Ebene zeigt sich, dass die „Elemente“ mehr als doppelt so oft vorkommt, wie die nächst folgende Codierung „Farben“. Der Code „Elemente“ repräsentiert mit 32 Nennungen den größten Bereich und betrifft Experimente zu Wasser, Luft und Feuer (siehe Abb. 2, rechts). Das Thema „Wasser“ wurde hierbei mit 15 Nennungen am häufigsten codiert. Wie genau die Eltern Bescheid wissen, zeigt sich an den folgenden zwei Äußerungen: „Was ist saugfähig […], was sinkt, also was ist leichter als Wasser“ (K1, E9) und „Mein Kind erzählt von Eiswürfelformen, die mit verschiedenen Flüssigkeiten befüllt werden und eingefroren wurden.“
Die Eltern erfahren also, dass die pädagogischen Fachkräfte mit den Kindern zum Bereich „Elemente“ experimentell arbeiten. Sie bekommen jedoch recht unterschiedlich detaillierte Eindrücke und Informationen. Die Eltern erfahren auch, dass die Kinder die Materialien explorieren. Die Eltern wissen, dass die Kinder in den Einrichtungen aktiv Erfahrungen mit Naturphänomenen sammeln und dass dies mehr oder weniger regelmäßig geschieht.
Bezogen auf die erste Forschungsfrage können wir damit feststellen, dass ein inhaltlicher Informationsfluss zu den Eltern im Bereich naturwissenschaftlicher Bildungsangebote existiert. Doch woher kommt er? Welche Informationswege werden besonders effektiv genutzt? Dieser Frage werden wir im nächsten Schritt nachgehen. Anschließend wird untersucht, inwieweit die Aussagen der Eltern mit denen der pädagogischen Fachkräfte übereinstimmen und inwieweit die Eltern Informationen über ihre eigene familiäre Bildungsarbeit in den Kindergarten weitergeben. Von den Ergebnissen erwarten wir uns wertvolle Hinweise dazu, wie Kommunikationsflüsse über die Information von Eltern und Kindertageseinrichtungen sinnvoll intensiviert werden können.

Das Projekt wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH gefördert und an der Forscherstation durchgeführt. Die Forscherstation, Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH mit Sitz in Heidelberg, ist ein An-Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Die Forscherstation wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH getragen (siehe Forscherstation, 2012).

Literatur:

Ansari, S. (2009) Schule des Staunens. Lernen und Forschen mit Kindern. Spektrum: Heidelberg
Elschenbroich, D. (2005). Weltwunder: Kinder als Naturforscher (2. Aufl.). Kunstmann.
Forscherstation (2012). http://www.forscherstation.info/ueber_uns/konzept.php
KMK (2004). Gemeinsamer Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertageseinrichtungen. Beschluss der Jugendministerkonferenz vom 13./14.05.2004/ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 03./04.06.2004 (open access: http://www.kmk.org/bildung-schule/allgemeine-bildung/fruehkindliche-bildung.html)
Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (Neuausgabe, 10., neu ausgestattete Aufl.). Beltz
Sylva, K. & Taggart, B. (2010). Frühe Bildung zählt: Das Effective Pre-school and Primary Education Project (EPPE) und das Sure Start Programm. Berlin: Dohrmann
Scholl, A. (2009)Die Befragung (2. Aufl.).UVK
Tietze, W., Becker-Stoll, F., Bensel, J., Eckhardt, A. G., Haug-Schnabel, G., Kalicki, B., Keller, H. & Leyendecker, B. (Hrsg.) (2012). NUBBEK: Nationale Untersuchung zur Bildung, Betreuung und Erziehung in der frühen Kindheit: Fragestellungen und Ergebnisse im Überblick. (open access: http://www.nubbek.de/)
Welzel, M. (2006). Spektrum der Wissenschaft. Mit Kindern die Welt entdecken (9/2006), 76–78.

Britta Kalthoff
Heike Theyßen
Nico Schreiber

Universität Duisburg-Essen

Förderung experimenteller Fähigkeiten bei Sachunterrichtsstudierenden
Erste Ergebnisse einer Interventionsstudie

Ausgangslage

Sachunterrichtslehrkräfte haben während ihrer universitären Ausbildung wenig Kontakt mit Themen der unbelebten Natur (Möller, 2004). Sie fühlen sich in diesem Themengebiet, insbesondere in physikalischen Inhalten, nicht kompetent genug, um diese zu unterrichten (Köster, 2006). Insgesamt ist, möglicherweise aus den o. g. Gründen, der Anteil der Themen der unbelebten Natur im Sachunterricht sehr gering (Risch, 2006). Das hat auch zur Konsequenz, dass Grundschulkinder selten zu physikalischen Themen experimentieren, obwohl sie experimentelle Methoden kennen und anwenden lernen sollen (GDSU, 2013). Folglich ist zu klären, wie bei angehenden Sachunterrichtslehrkräften bereits in der universitären Ausbildung experimentelle Fähigkeiten gefördert werden können. Hierzu bieten sich insbesondere Experimentalpraktika an, die die Studierenden im Zuge ihres Grundlagenstudiums belegen.

Förderung experimenteller Teilfähigkeiten

In Experimentalpraktika für Studierende geht es häufig darum, Daten zu sammeln und korrekte Ergebnisse zu erhalten. Für die Studierenden bleibt dabei wenig Zeit für das Nachdenken über die zugrundeliegenden experimentellen Methoden (Domin, 1999). Dennoch sehen Lehrende die Entwicklung der experimentellen Fähigkeiten sowie des wissenschaftlichen Denkens als wichtiges Ziel von Experimentalpraktika (Welzel et al., 1998). Es wird offenbar angenommen, dass Studierenden ohne explizite Instruktionen experimentelle Teilfähigkeiten erwerben. An Schülern wurde in der Forschung bereits häufig untersucht, welche Instruktionsmethode optimal zur Förderung experimenteller Teilfähigkeiten geeignet ist. Dabei wurde häufig der Fokus auf das Verstehen und Anwenden der Variablenkontrollstrategie (VKS) gelegt. Einige Studien zeigen, dass die VKS durch ein explizites Training besser gelernt wird (z. B. Chen & Klahr, 1999). Andere Studien finden keinen Unterschied zwischen Instruktionen mit und ohne explizitem Training der VKS (z. B. Padilla, Okey & Garrard, 1984).

Fragestellung

Die vorgestellte Studie verfolgt das Ziel, experimentelle Fähigkeiten bei angehenden Sachunterrichtslehrkräften bereits in der universitären Ausbildung zu fördern. Neben den fachmethodischen Lernzielen werden durch das Praktikum aber auch fachinhaltliche Lernziele verfolgt. Die zentrale Fragestellung der Studie ist, wie sich zwei unterschiedliche Instruktionskonzepte (bezogen auf die experimentellen Methoden) auf den fachmethodischen und den fachinhaltlichen Lernerfolg der Studierenden auswirken. Dabei wird unterschieden zwischen einer expliziten Thematisierung der Fachmethoden und einem impliziten Mitlernen dieser Methoden durch das Experimentieren. Die Forschungsfrage, die in diesem Beitrag im Vordergrund steht, lautet: Wie wirken sich die unterschiedlichen Instruktionsmethoden auf den fachinhaltlichen Lernerfolg der Studierenden aus? Die Erwartung ist, dass die Fachinhalte schlechter gelernt werden, wenn die Fachmethoden explizit thematisiert werden.

Studie

Zielgruppe der Studie sind Lehramtsstudierende mit dem Fach Sachunterricht. Im Zuge eines Grundlagenstudiums in allen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts belegen die Studierenden im vierten Semester ein Experimentalpraktikum in der Physik, in das die Studie eingebettet ist.

Für die Interventionsstudie wurden die Studierenden auf Grundlage personenbezogener Daten (Demographie, physikbezogenes Selbstkonzept und kognitive Fähigkeiten) auf eine Vergleichs- und eine Interventionsgruppe aufgeteilt. In der Interventionsgruppe wurden die experimentellen Methoden explizit im Praktikumsskript erklärt. In der Vergleichsgruppe sollten die experimentellen Methoden implizit mitgelernt werden. Beide Gruppen erhielten identische fachinhaltliche Erklärungen und führten identische Experimente durch. Um trotz der zusätzlichen Erklärungen für die Interventionsgruppe die Bearbeitungszeit für beide Gruppen konstant zu halten, führte die Vergleichsgruppe zusätzliche Messreihen durch. Fachmethodisch fokussiert die Intervention auf vier experimentelle Teilfähigkeiten, die in elementarer Form bereits in der Grundschule vermittelt werden sollen (GDSU, 2013): Tabellen anlegen, Variablenkontrolle verstehen und anwenden, Beobachtungen von Deutungen trennen sowie mit Messdaten umgehen. Fachinhaltlich behandeln die Experimente den Themenbereich „Schwimmen und Sinken“. Es geht um die systematische Untersuchung der Schwimmfähigkeit von Vollkörpern, die Messung der Auftriebskraft und die Untersuchung der Abhängigkeit der Auftriebskraft von verschiedenen Variablen, um so zum Archimedischen Prinzip überzuleiten. Auch diese Inhalte sind in elementarer Form Gegenstand des Sachunterrichts (Jonen, Möller & Hardy, 2003).

Die gesamte Intervention besteht aus zwei Praktikumssitzungen (180 min). Zur Ermittlung des Lernzuwachses wurden ein Vor- und ein Nachtest durchgeführt. Die Tests umfassten jeweils eine Praktikumssitzung (90 min) und bestehen aus zwei schriftlichen Tests (Fachmethoden und Fachinhalte) und einem Experimentaltest (Fachmethoden). Die Testaufgaben beziehen sich auf die oben genannten fachmethodischen und fachinhaltlichen Lernziele. Im Fachinhaltstest bearbeiteten die Studierenden insgesamt 14 Aufgaben. Aus jeweils vier möglichen Antworten musste eine korrekte ausgewählt werden. Insgesamt können demnach 0 bis 14 Punkte im Test erreicht werden.

Erste Ergebnisse

Die auswertbare Stichprobe umfasst insgesamt 66 Studierende (34 in der Interventions- und 32 in der Vergleichsgruppe), die sowohl an den zwei Testterminen als auch an beiden Interventionsterminen teilnahmen. Die Auswertung der personenbezogenen Daten zeigt, dass der Großteil der Studierenden weiblich war (84 %). Die Studierenden belegten Physik meist nur bis zum Ende der Sekundarstufe I (82 %) mit durchschnittlich befriedigenden Noten (Ø = 2.9 SD = .6). Das physikbezogene Selbstkonzept ist im Vergleich mit Gymnasialschülern der 9. Klasse eher niedrig und weist eine breite Streuung auf (auf einer Skala von gering (1) bis hoch (4) Ø = 1.9 SD = .7). Interventions- und Vergleichsgruppe unterscheiden sich hinsichtlich der oben genannten Variablen, der kognitiven Fähigkeiten und des Vorwissens im Fachinhaltstest nicht signifikant voneinander ($F_{(1,54)} = .6$; $p = .806$; $\eta^2 = .053$).

Bezüglich des fachinhaltlichen Lernzuwachses zeigt die Messwiederholungsanova einen großen Effekt des Messzeitpunktes auf die Testergebnisse der gesamten Gruppe ($F_{(2,65)} = 13.7$; $p < .001$; $\eta^2 = .181$). Die Studierenden insgesamt schnitten – wie bei einem lernzielorientierten Test erwartet – im Nachtest signifikant besser ab als im Vortest. Es zeigt sich jedoch kein signifikanter Effekt zwischen Interventions- und Vergleichsgruppe ($F_{(1,64)} = 2.5$; $p = .117$; $\eta^2 = .038$) und die Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppe wird ebenfalls nicht signifikant ($F_{(1,64)} = 3.6$; $p = .181$; $\eta^2 = .028$). Die Testergebnisse (Mittelwerte und Standardabweichungen) sind in der Abbildung 1 nach Gruppen aufgeschlüsselt dargestellt.

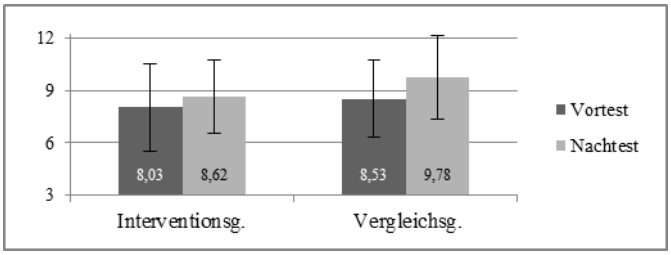


Abbildung 1: Mittelwerte und Standardabweichungen des Fachinhaltstest

In der Abbildung 1 ist entgegen der oben beschriebenen Ergebnisse tendenziell ein Unterschied zwischen den Gruppen erkennbar. Betrachtet man die Gruppen getrennt, zeigt sich ein großer Effekt des Messzeitpunktes auf die Testergebnisse in der Vergleichsgruppe ($F_{(1,31)}$ = 11.7; p = .002; η^2 = .275), in der Interventionsgruppe wird der deutlich kleinere Effekt jedoch nicht signifikant ($F_{(1,33)}$ = 3.2; p = .082; η^2 = .089).

Diskussion und Ausblick

Die Testergebnisse zeigen, dass die Vergleichsgruppe einen tendenziell größeren Lernerfolg hat als die Interventionsgruppe. Der Effekt der Gruppe auf die Testergebnisse ist jedoch klein und wird nicht signifikant. Mit der durch die Rahmenbedingungen gegebenen Stichprobengröße hätte allenfalls ein großer Effekt nachgewiesen werden können. Insgesamt lässt sich also schließen, dass es zwischen Interventions- und Vergleichsgruppe keinen großen Effekt auf den fachinhaltlichen Lernerfolg gibt.

Eine weitere Forschungsfrage bezieht sich auf den fachmethodischen Lernerfolg der Studierenden. Hierzu werden die Testergebnisse aus dem schriftlichen Test sowie die Ergebnisse aus dem Experimentiertest ausgewertet und analysiert. Eine zusätzliche Datenquelle bilden Videodaten aus der Intervention, die hinsichtlich der Gruppenunterschiede in Bezug auf Verbalisierungen während des Praktikums analysiert werden.

Literatur

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.

Domin, D. S. (1999). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. Journal of Chemical Education, 76(1), 109-111.

GDSU (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Jonen, A, Möller, K., Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech, H.J. Schwier (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. 93-108.

Köster, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren – Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Berlin: Logos.

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte?. In H. Merkens (Hrsg.). IGLU und die Folgen. Opladen: Leske + Budrich. 65-84.

Padilla, M. J., Okey, J. R. & Garrard, K. (1984). The effects of instruction on integrated science process skill achievement. J. Res. Sci. Teach., 21 (3), 277–287.

Risch, B. (2006). Entwicklung eines an den Elementarbereich anschlussfähigen Sachunterricht mit Themen der unbelebten Natur. Göttingen: Cuvillier.

Welzel, M. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden: Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 4 (1), 29-44.

Hildegard Urban-Woldron Pädagogische Hochschule Niederösterreich

Professionsbezogene Kompetenzentwicklung von Lehrkräften für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Einleitung

Befunde von Studien aus der neueren Entwicklungspsychologie und der internationalen Lehr-Lernforschung legen nahe, dass bereits bei Grundschulkindern verstehendes Lernen in bestimmten physik- und chemiebezogenen Themenfeldern möglich ist. Andererseits führen aber fehlendes Vertrauen in das eigene naturwissenschaftliche Wissen und unzureichendes konzeptuelles Verständnis von Phänomenen der unbelebten Natur häufig dazu, dass Grundschullehrkräfte im Sachunterricht überhaupt eher selten physik- und chemiebezogene Themen behandeln (Harlen, 1997; Howitt, 2007). Verständnisfördernder naturwissenschaftlicher Unterricht geht von einem konstruktivistisch orientierten Lernverständnis aus und zielt auf den Aufbau wissenschaftsnaher Vorstellungen ab. Dabei tragen die sozialen Interaktionen zwischen Lernenden und mit den Phänomenen und Sachverhalten sehr gut vertrauten Lehrkräften im Sinne eines sachbezogenen Dialogs wesentlich zum Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei (Madsen & Olson, 2005). Ein solcher Unterricht setzt daher bei Lehrkräften ein hohes Maß an Kompetenzen im fachlichen und fachdidaktisch-methodischen Bereich voraus und stellt eine große Herausforderung für die Lehrerbildung im Sinne der Entwicklung fachdidaktischen Wissens (PCK) dar.

Lehrveranstaltungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Ausbildung zukünftiger Grundschullehrkräfte müssen aber neben dem Aufbau fachspezifisch-pädagogischer Kompetenzen auch die Entwicklung von Interesse und selbstbezogenen Kognitionen adressieren. Lehrpersonen mit höherer Selbstwirksamkeitserwartung zeigen nicht nur eine höhere Bereitschaft im naturwissenschaftlichen Unterricht auch Themen der unbelebten Natur auszuwählen (Ramey-Gassert et al., 1996), sondern erstellen auch eher mehr Lernumgebungen zum forschend-entdeckenden Lernen (Finson, 2001). Uneinheitliche Befunde gibt es zur Bedeutung von Praxiserfahrungen und Lerngelegenheiten zur Steigerung der Selbstwirksamkeit (Palmer, 2006; Ryan, 2003). Hingegen wird u. a. das Entwickeln eines Verständnisses für adäquate Experimente in der Grundschule (Palmer, 2001), das die Studierenden in authentischen Lernsituationen (Tilgner, 1990) und reichhaltigen, offenen Lernumgebungen, unterstützt durch förderliche Instruktion (Martin-Dunlop & Fraser, 2007), erwerben, als zentral für die Entwicklung von PCK angesehen.

Ziel und Forschungsfragen

Vor dem oben dargestellten Forschungshintergrund wurden an der pädagogischen Hochschule Niederösterreich in den letzten drei Jahren Maßnahmen zur Weiterentwicklung einer fachdidaktischen Lehrveranstaltung zum physik- und chemiebezogenen Sachunterricht umgesetzt, die neben fachlichem und fachdidaktischem Wissen auch Interesse, Selbstwirksamkeitserwartungen und Fähigkeitsselbstkonzepte der Studierenden in den Blick nahmen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird über den Einsatz von „Content Representations“ (CoRes) berichtet, die von Loughran et al. (2004) zur Erfassung des PCK von praktizierenden Naturwissenschaftslehrkräften entwickelt und als zentrales Element in der Lehrveranstaltung an der PH NÖ eingesetzt wurden.

Dabei wurden folgende Forschungsfragen adressiert:

- Wie entwickelt sich das physikbezogene fachdidaktische Wissen zukünftiger Grundschullehrkräfte im Laufe eines Hochschulseminars?

- Welche Einflussfaktoren hinsichtlich der Entwicklung professionsbezogener Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht lassen sich bei zukünftigen Grundschullehrkräften identifizieren?

Forschungsmethode

Im Wintersemester 2013/14 nahmen 126 Studierende (118 weiblich, 8 männlich) in vier Kohorten am Seminar teil. 72 Studierende (69 weiblich; Alter = 35,2 Jahre) bildeten dabei zwei sogenannte „Berufsbegleitende Kohorten", 54 Studierende (49 weiblich; Alter = 22,1 Jahre) waren in zwei sogenannten „Vollzeitkohorten" zusammengefasst. Die Lehrveranstaltung umfasste einen Leistungspunkt und beinhaltete zwölf Präsenzeinheiten zu je 45 Minuten, die in vier Blöcken in einem Zeitraum von 4 bis 6 Wochen abgehalten wurden (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Überblick über Inhalte und eingesetzte Instrumente

Einschätzungen zur Selbstwirksamkeitserwartung wurden mit dem STEBI-B (Riggs & Enochs, 1990), jene zum akademischen Selbstkonzept mit dem Instrument von Liu &Wang (2005) erfasst. Wie Abb. 2 zeigt, bildeten sich durch äußere Rahmenbedingungen, wie Möglichkeiten innerhalb der schulpraktischen Studien und Bereitschaft zur Teilnahme an einem von zwei von der PH NÖ angebotenen Forschungsprojekten zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht, aus den beiden Kohorten vier Gruppen (Gruppe 1 bis Gruppe 4). Zum Monitoring der Entwicklung des PCK wurden nach Loughran et al. (2005) acht Fragen gestellt und dazu zusätzlich die Einschätzung der Studierenden nach der Wichtigkeit und der Selbstsicherheit (1 = gar nicht wichtig; 10 = sehr wichtig) erfragt.

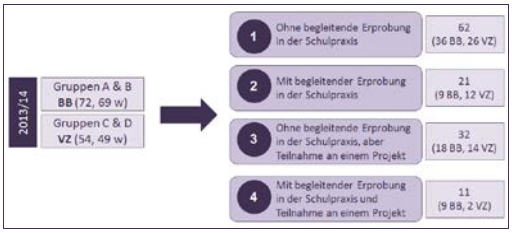


Abb. 2: Einteilung der Studierenden in vier Gruppen

Ergebnisse

An dieser Stelle können nur Ergebnisse zu zwei Fragen herausgegriffen werden.

Frage 3: Was wissen Sie noch zu dieser Kernidee, was die Kinder nicht lernen müssen?

Frage 6: Welche anderen Faktoren beeinflussen den Unterricht zu dieser Kernidee?

Bei Frage geht es um das Erkennen einer Balance zwischen dem eigenen Fachwissen und dem Wissen, das erforderlich ist um das Lernen der Kinder zu unterstützen. Abb. 3 zeigt, dass bei allen Gruppen sowohl die Bedeutung als auch die eigene Sicherheit nach dem Seminar höher eingeschätzt wird, auch wenn die Steigerung bei jenen Gruppen höher ist, die begleitende Lerngelegenheiten in der Schulpraxis hatten. Auch die Antworten zu Frage 6

zeigen, dass die Bedeutung der Berücksichtigung anderer Faktoren ebenfalls nach dem Seminar als wichtiger angesehen wird. Gruppen, die auch in der begleitenden Schulpraxis naturwissenschaftliche Inhalte behandeln konnten, stellen sogar nach dem Seminar noch deutlicher fest, dass sie ihre Sicherheit zu dieser Frage am Anfang zu hoch eingeschätzt hatten.

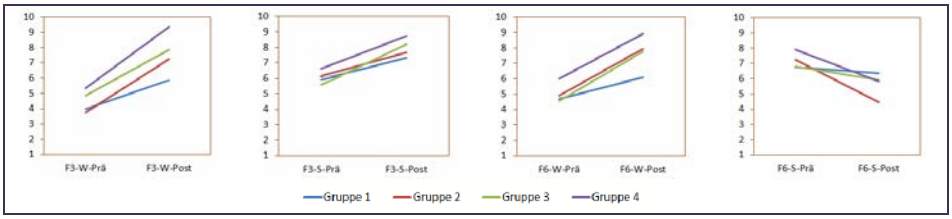


Abb. 3: Ausgewählte Ergebnisse

Zusammenfassung und Ausblick

Umfangreiche weitere Analysen weisen darauf hin, dass die Gruppenzugehörigkeit, d. h. die Möglichkeit einer begleitenden Erprobung in der Schulpraxis die einzige Einflussgröße auf die Entwicklung des PCK ist. Praxiserfahrungen scheinen also die Entwicklung von PCK zu fördern und zwar weitgehend unabhängig von den motivationalen und nicht-kognitiven Einstellungen der Studierenden, wie Selbstwirksamkeit und akademisches Selbstkonzept. Es zeigt sich auch, dass die Komplexität von Unterricht zu Beginn des Seminars eher noch nicht erkannt wird und dass CoRes ein Weg sein könnten, Unterricht in seiner Komplexität noch besser zu begreifen. Günstige Begleitmaßnamen wären nach Einschätzung der Autorin die Ermöglichung von noch mehr Praxiserfahrungen begleitend zum Seminar und eine bessere Verteilung der Lehrveranstaltungsblöcke über das Semester.

Literatur

Finson, K. D. (2001). Investiagting Preservice Elementary Teachers‘ Self-Efficacy Relative to Self-Image as a Science Teacher. Journal of Elementary Science Education, 13, 31-42.

Harlen, W. (1997). Primary Teachers' Understanding in Science and its Impact in the Classroom. Research in Science Education, 27, 323-337.

Howitt, Ch. (2007). Pre-Service Elementary Teachers‘ Perceptions of Factors in an Holistic Methods Course Influencing their Confidence in Teaching Science. Research in Science Education, 37, 41-58.

Liu, W. C. & Wang, C. K. J. (2005). Academic self-concept: A cross-sectional study of grade and gender differences in a Singapore Secondary School. Asia Pacific Education Review, 6(1), 20-27.

Loughran, J. J., Mulhall, P. & berry, A (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating an documenting professional practice. Journal of Research in Science Teaching, 41 (4), 370-391.

Madsen, A. J. & Olson, J. K. (2005). Student Teachers’ Use of Learning Theories to Diagnose Children’s Learning Difficulties. Journal of Elementary Science Education, 17, 55-68.

Martin-Dunlop, C. & Fraser, B. J. (2007). Learning Environment and attitudes associated with an innovative science course designed for prospective elementary teachers. International Journal of Science and Mathematics Education, 6, 163-190.

Palmer, D. H. (2006). Sources of Self-Efficacy in a Science Methods Course for Primary Teacher Education Students.

Palmer, M. (2001). From Curriculum to Implementation – Primary Science and Teacher Development. Irish Educational Studies, 20, 239-250.

Ramey-Gassert, L.; Shroyer, M. G. & Staver, J. R. (1996). A Qualitative Study of FactorsInfluencing Science Teaching Self-Efficacy of Elementary Level Teachers. Science Education, 80, 283-315.

Riggs, I.M., & Enochs, L.G. (1990). Toward the development of an elementary teacher’s science teaching efficacy belief instrument. Science Education, 74, 625-637.

Ryan, Ch. (2003). Becoming a Teacher of Primary Science: Integrating Theory and Practice. Teachers and Teaching: Theory and Practice, 9, 333-349.

Tilgner, P. J. (1990). Avoiding Science in the Elementary School. Science Education 74, 421-431.

Janina Pawelzik
Maria Todorova
Miriam Leuchter
Kornelia Möller

Universität Münster

Einfluss des Orientierungspraktikums auf die Selbstwirksamkeit von Sachunterrichtsstudierenden

In der Studie wird untersucht, wie Sachunterrichtsstudierende ihre Selbstwirksamkeit in Bezug auf naturwissenschaftliches Unterrichten nach ihrem ersten Praktikum im Studium einschätzen. Dabei werden die Rahmenbedingungen zweier verschiedener Umsetzungsformen des Praktikums sowie erste Ergebnisse berichtet.

Selbstwirksamkeit im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Viele Sachunterrichtslehrkräfte vermeiden das Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen und gehen bewusst auf Distanz (Appleton, 2003). Sie haben eher geringes Interesse an Naturwissenschaften und Technik (Merkens, 2012) sowie ein geringes Vertrauen in ihre Fähigkeiten bezüglich des eigenen Unterrichtens in diesem Bereich (Möller, 2004; Tosun, 2000); auch Studierende des Sachunterrichts zeigen diese Distanz zu naturwissenschaftlichen Themen (Landwehr, 2002). Um dem entgegenzuwirken, sollte schon zu Beginn der Lehrerbildung eine Qualifizierung der Studierenden im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts stattfinden. Dabei sind besonders die Selbstwirksamkeitserwartungen von Studierenden bezüglich des eigenen Unterrichtens bedeutsam, da sie einen Einfluss auf das spätere professionelle Handeln im Unterricht und die Schülerinnen und Schüler haben: Lehrkräfte mit geringeren Selbstwirksamkeitserwartungen vermeiden eher eigenes Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen (Appleton & Kindt, 2002). Ebenso zeigen Studien, dass die Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften in positivem Zusammenhang mit dem Lernerfolg und der Motivation der Schülerinnen und Schüler stehen (Karstens, 2009). Daher ist es bedeutsam, die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden bezüglich des eigenen naturwissenschaftlichen Unterrichtens bereits im Lehramtsstudium zu fördern.
Forschungsbefunde zeigen, dass Selbstwirksamkeitserwartungen durch eigene Erfolgserfahrungen in der Praxis und eigene Unterrichtsversuche verbessert werden können (Tschannen-Moran & Hoy, 2007); dies gilt auch für die Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich naturwissenschaftlichen Unterrichtens (Velthuis, Fisser & Pieters, 2014).

Praxisphasen als Lerngelegenheiten

Studierende schätzen Praxisphasen im Studium als sehr wichtig ein (Boekhoff, Franke, Dietrich & Arnold, 2008), gerade auch die Praxisphasen zu Beginn des Studiums, da so bereits früh erste Erfahrungen gemacht werden können (Hecht, 2013). Allgemein wird die Wirksamkeit von Praxisphasen aber kontrovers diskutiert (vgl. den Überblick von Hascher, 2011). Ein Aspekt, der in dieser Diskussion immer wieder fokussiert wird, ist die Rolle der betreuenden Lehrkraft: Die Wirksamkeit eines Praktikums hängt von der begleitenden Lehrkraft, deren Wissen und deren weiteren Voraussetzungen ab, die sie in die Betreuungssituation mitbringt (Schubarth et al., 2014). Kreis und Staub (2011) konnten zeigen, dass die Unterrichtsqualität von Studierenden, die von geschulten Lehrkräften betreut werden, von Experten höher eingeschätzt wird, als die von traditionell betreuten Studierenden. Ebenso hängt die Wahrnehmung der Unterstützung durch die betreuende Lehrkraft positiv mit den berufsspezifischen Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden zusammen (Rots, Aeltermann, Vlerick & Vermeulen, 2007). Insgesamt scheint die betreuende Lehrkraft eine

wichtige Person für die Unterstützung der Kompetenzentwicklung der Studierenden zu sein (Gröschner & Häußler, 2014). Unklar ist jedoch, ob eine angemessene Betreuung im Praktikum sich positiv auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden auswirken kann.

Das ITPP-Projekt

Das ITPP-Projekt (**I**ntegration von **T**heorie und **P**raxis – **P**artnerschulen) beschäftigt sich mit der Schaffung von Lerngelegenheiten im Praktikum, die die Entwicklung der professionellen Kompetenzen von Sachunterrichtsstudierenden und dabei speziell der Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich naturwissenschaftlichen Unterrichtens begünstigen sollen.

Aktuell beteiligen sich 24 Lehrkräfte von Partnerschulen aus dem Regierungsbezirk Münster, die durch mehrjährige Weiterbildungsangebote der Universität Münster bezüglich ihres naturwissenschaftlichen Professionswissens (weiter-)qualifiziert wurden. Die Qualifizierung bezieht sich vor allem auf fachliches und fachdidaktisches Professionswissen sowie auf aktuelle Lerntheorien und Coaching im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Die so geschulten ITPP-Lehrkräfte werden zur Betreuung von Sachunterrichtsstudierenden im ersten Praktikum während des Lehramtsstudiums an der Universität Münster eingesetzt (Orientierungspraktikum).

Das Orientierungspraktikum umfasst vier Wochen und ist von allen Lehramtsstudierenden (LABG 2009) in der Regel nach dem ersten oder zweiten Semester im Rahmen des bildungswissenschaftlichen Studiums zu absolvieren. Studierenden des Sachunterrichts wird die Möglichkeit geboten, alternativ zu dem regulären bildungswissenschaftlichen Orientierungspraktikum an einem ITPP-Praktikum im Rahmen des ITPP-Projektes teilzunehmen. Dieses ITPP-Praktikum durchlaufen die Studierenden an sogenannten Partnerschulen, an denen sie jeweils in Kleingruppen mit ein bis vier Studierenden von geschulten ITPP-Lehrkräften betreut werden.

Fragestellung

Die vorgestellte Studie untersucht, inwiefern das ITPP-Praktikum mit einer gezielten Betreuung von Studierenden durch geschulte ITPP-Lehrkräfte einen Einfluss auf die Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartungen der Sachunterrichtsstudierenden in Bezug auf naturwissenschaftliches Unterrichten hat.

Methode

125 Studierende des Sachunterrichts an der Universität Münster (LABG 2009) füllten nach ihrem Orientierungspraktikum einen Onlinefragebogen zu Betreuungsbedingungen im Praktikum und ihrer Selbstwirksamkeit bezüglich naturwissenschaftlichen Unterrichtens aus. Die Studierenden schätzten ihre Selbstwirksamkeit nach dem Praktikum auf einer vierstufigen Ratingskala ein. Zusätzlich wurden vor dem Praktikum mittels eines standardisierten Fragebogens Kontrollvariablen in Bezug auf das Interesse und die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten in Physik sowie das Interesse am eigenen Unterrichten im physikbezogenen Sachunterricht und den Kompetenzen in diesem Bereich erhoben (Kleickmann, 2008). 55 der Studierenden waren am ITPP-Projekt beteiligt, 70 Studierende haben das bildungswissenschaftliche Orientierungspraktikum absolviert. 87 % der Befragten waren weiblich, das Durchschnittsalter lag bei 22 Jahren.

Ergebnisse

Varianzanalysen ergaben zunächst keine Unterschiede der beiden Praktikumsgruppen (ITPP vs. Bildungswissenschaft) vor Beginn des Praktikums in Bezug auf die motivationalen Kontrollvariablen. Nach dem Praktikum schätzten Studierende mit ITPP-Praktikum ihre Selbstwirksamkeit in Bezug auf eigenes naturwissenschaftliches Unterrichten höher ein als

Studierende mit bildungswissenschaftlichem Praktikum. Durch Berechnung eines Mediatormodells zeigt sich, dass dieser positive Zusammenhang teilweise darauf zurückzuführen ist, dass die Studierenden selbst naturwissenschaftlichen Sachunterricht unterrichtet haben und, dass die Lehrkraft einen Bezug zum Sachunterricht hat. Negativ wirkte sich die Anzahl der betreuten Praktikanten pro Lehrkraft aus.

Diskussion

Im Rahmen des ITPP-Projektes konnte ein Praktikumsformat entwickelt werden, das den Studierenden eine Verbesserung ihrer Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich des eigenen naturwissenschaftlichen Unterrichtens ermöglicht. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass folgende Faktoren förderlich für die Entwicklung von Selbstwirksamkeit im Praktikum sind: die Möglichkeit, früh eigene Unterrichtserfahrungen, vor allem im naturwissenschaftlichen Sachunterricht, sammeln zu können, die Expertise der betreuenden Lehrkraft im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts sowie ein ausgewogenes Betreuungsverhältnis von Studierenden und Lehrkraft.

Literatur

Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. Research in Science Education, 33(1), 1-25.

Appleton, K. & Kindt, I. (2002). Beginning Elementary Teachers‘ Development as Teachers of Science. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 43-61.

Boekhoff, I., Franke, K., Dietrich, F. & Arnold, K.-H. (2008). Effektivität universitärer Lehrerbildung in konsekutiven Studiengängen (EduLikS) unter besonderer Berücksichtigung schulpraktischer Studien. Hildesheim: Centrum für Unterrichts- und Bildungsforschung (CeBU).

Gröschner, A. & Häusler, J. (2014). Inwiefern sagen berufsbezogene Erfahrungen und individuelle Einstellungen von Mentorinnen und Mentoren die Lernbegleitung von Lehramtsstudierenden im Praktikum voraus? In K.-H. Arnold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg). Schulpraktika in der Lehrerbildung. Münster: Waxmann (S. 316-333).

Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (S. 418-440). Münster: Waxmann.

Hecht, P. (2013). Selbstwirksamkeitsüberzeugungen im Berufseinstieg von Lehrpersonen. Unterrichtswissenschaft 41 (2), 108-124.

Karstens, C. (2009). Handlungsmotivation und Unterrichtsqualität – Erfassung affektiv motivationaler Prädiktoren des Unterrichtshandelns von Lehrkräften. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Kleickmann, T. (2008). Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Inaugural-Dissertation. Universität Münster

Kreis, A. & Staub, F. C. (2011). Fachspezifisches Unterrichtscoaching im Praktikum. Eine quasi-experimentelle Interventionsstudie. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 14(1), 61–83.

Landwehr, B. (2002). Die Distanz von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin: Logos.

Merkens, H. (2012). Berichte aus der Arbeit des Arbeitsbereichs Empirische Erziehungswissenschaft der Freien Universität Berlin. Nr. 50. Technikinteresse von Grundschullehrkräften. Berlin.

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 + Budrich.

Rots, I., Aelterman, A., Vlerick, P.& Vermeulen, K. (2007). Teacher education, graduates‘ teaching commitment and entrance into the teaching profession. Teaching and Teacher Education, 23, 543-556.

Schubarth, W., Gottmann, C. & Krohn, M. (2014). Wahrgenommene Kompetenzentwicklung im Praxissemester und dessen berufsorientierende Wirkung: Ergebnisse der ProPax-Studie. In K.-H. Arnold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg). Schulpraktika in der Lehrerbildung. Münster: Waxmann (S. 201-219)

Tosun, T. (2000). The Beliefs of Preservice Elementary Teachers toward Science and Science Teaching. School science and Mathematics, 100(7), 374-379.

Tschannen-Moran, M. & Woolfolk Hoy, A. (2007). The differential antecedents of self-efficacy beliefs of novice and experienced teachers. Teaching and Teacher Education, 23, 944-956.

Velthuis, C., Fisser, P. & Pieters, J. (2014). Teacher Training and Pre-service Primary Teachers’ Self-Efficacy for Science Teaching. Journal of Science Teacher Education, 25(4), 445-464.

Maike Schmidt Universität Duisburg-Essen
Katharina Fricke
Stefan Rumann

Ausbildung, Erfahrung und Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften

Problemaufriss

Sachunterricht ist ein Fach mit vielen Bezugsdisziplinen aus den Natur- und Gesellschaftswissenschaften (GDSU, 2013). Sachunterrichtslehrkräfte müssen Inhalte aus all diesen Disziplinen in der Schule unterrichten, obwohl ihre eigene Ausbildung nur eine oder wenige Disziplinen des Faches umfasst (Fiebig & Merkens, 2012). Obschon in den letzten Jahren das Studium im Fach Sachunterricht daher zunehmend integrativ weiterentwickelt wurde, so ist diese Entwicklung jedoch noch nicht in den Schulen angekommen: Nahezu jede Grundschullehrkraft unterrichtet das Fach Sachunterrichtet, der Großteil hiervon ist allerdings - wenn überhaupt – nur in einzelnen Disziplinen des Faches ausgebildet.
Mit Blick auf die Praxis der Lehrkräfte gerät neben der Ausbildung auch die Rolle der Unterrichtserfahrung in den Fokus. Dabei stellt sich die Frage, ob Unterrichtserfahrung eine mangelhafte Ausbildung ausgleichen kann (Brunner et al., 2006). Deshalb liegt der Fokus der vorliegenden Studie auf dem Vergleich des Professionswissens in Abhängigkeit verschiedener Ausbildungshintergründe und einem unterschiedlichen Grad an Unterrichtserfahrung. Die Vergleichsgröße stellt das Professionswissen dar, weil es ein Faktor für Unterrichtsqualität ist (Baumert & Kunter, 2006). Da die naturwissenschaftliche Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften in der Vergangenheit wiederholt in Frage gestellt wurde (z. B. Möller, 2004), wird in der vorliegenden Studie das Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“ betrachtet.

Theorie

Professionswissen ist Teil der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften und gliedert sich nach dem Modell der professionellen Handlungskompetenz von Baumert & Kunter (2006) in fünf Wissensbereiche auf. Zu diesen Bereichen zählen neben pädagogischem Wissen, Organisationswissen und Beratungswissen, die fachspezifischen Wissensbereiche fachdidaktisches Wissen und Fachwissen. Bezüglich des fachdidaktischen Wissens herrscht Einigkeit darüber, dass es durch zwei zentrale Facetten repräsentiert wird, welche zum einen lernprozessbezogene Kompetenzen wie Wissen über Schülerkognitionen und zum anderen lehrbezogene Kompetenzen wie Wissen über Instruktionsstrategien beschreiben (Blömeke et al., 2008).
Die Konzeptualisierungen des Fachwissens umfassen in der Regel drei Facetten, wobei es sich um das Wissen auf dem Niveau der unterrichteten Schülerinnen und Schüler, das Wissen auf einem höheren Abstraktionsniveau und vertieftes Wissen handelt (Baumert & Kunter, 2006; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011).

Forschungsdesign

Mit dem vorliegenden Forschungsdesign werden folgende Forschungsfragen untersucht:
- Welche Unterschiede finden sich zwischen Lehrkräften mit naturwissenschaftlicher, gesellschaftswissenschaftlicher oder keiner Ausbildung im Sachunterricht hinsichtlich ihres fachspezifischen Professionswissens im Inhaltsbereich „Verbrennung“?
- Welche Unterschiede finden sich zwischen unerfahrenen und erfahrenen Sachunterrichtslehrkräften hinsichtlich ihres fachspezifischen Professionswissens im Inhaltsbereich „Verbrennung“?

- Gibt es eine Wechselwirkung zwischen Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung hinsichtlich des fachspezifischen Professionswissens im Inhaltsbereich „Verbrennung“?

Während die letzte Forschungsfrage aufgrund der fehlenden Literaturbasis explorativer Natur ist und das Ziel verfolgt, Hypothesen zu generieren, werden die beiden anderen Forschungsfragen hypothesengeleitet untersucht. Als Antwort auf die erste Forschungsfrage ist zu erwarten, dass Lehrkräfte mit naturwissenschaftlicher Ausbildung ein größeres fachspezifisches Professionswissen aufweisen als Lehrkräfte mit gesellschaftswissenschaftlicher Ausbildung oder Lehrkräfte ohne Ausbildung im Sachunterricht. Bei den Ergebnissen zur zweiten Forschungsfrage ist davon auszugehen, dass erfahrene Lehrkräfte ein größeres fachspezifisches Professionswissen besitzen als unerfahrene Lehrkräfte.

Unterrichtserfahrung wird über die Häufigkeit des Unterrichtens des Inhalts „Verbrennung“ operationalisiert. Die Gruppen wurden über einen Mediansplit eingeteilt; unerfahrene Lehrkräfte haben im Mittel 0.38 Mal und erfahrene Lehrkräfte 3.49 Mal den Inhalt „Verbrennung“ unterrichtet. Die Stichprobe besteht aus $N = 203$ Lehrkräften, die sich auf sechs Gruppen verteilen (siehe Tab. 1).

Tab. 1 Stichprobe

	unerfahrene	**erfahrene**
naturwissenschaftliche Ausbildung	32	34
gesellschaftswissenschaftliche Ausbildung	36	34
keine Ausbildung im Sachunterricht	36	31

Das fachspezifische Professionswissen wird mittels zweier selbst entwickelter Instrumente erhoben. Das fachdidaktisches Wissen wird über die beiden Facetten lernprozessbezogenes Wissen und lehrbezogenes Wissen operationalisiert (Blömeke et al., 2008). Der Test besteht insgesamt aus 14 Items im offenen Format. Die Reliabilität des Tests liegt mit Cronbachs $\alpha = .613$ im akzeptablen Bereich.

Das Fachwissen wird über das Wissen auf dem Grundschulniveau, das Wissen auf dem Sekundarstufe I-Niveau und vertieftes Wissen operationalisiert (Baumert & Kunter, 2006; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011). Zu den Niveaustufen werden Items als Fakten, Relationen und Konzepte formuliert, um unterschiedliche Komplexitätsgrade zu berücksichtigen. Insgesamt besteht das Instrument zur Erhebung des Fachwissens aus 26 Multiple-Choice-Items und weist eine akzeptable Reliabilität mit Cronbachs $\alpha = .682$ auf.

Ergebnisse & Diskussion

Die Vergleiche zwischen den Ausbildungshintergründen fallen für die beiden Wissensbereiche unterschiedlich aus. Beim fachdidaktischen Wissen sind die Lehrkräfte mit Ausbildung in den Naturwissenschaften nicht von den Lehrkräften mit Ausbildung in den Gesellschaftswissenschaften zu trennen, während diese beiden Gruppen signifikant besser abschneiden als die Lehrkräfte ohne Ausbildung im Sachunterricht, $F(2, 196) = 8.962$; $p < .001$; $\eta^2 = .084$. Dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Naturwissenschaftlern und Gesellschaftswissenschaftlern gibt, könnte damit erklärt werden, dass die gesellschaftswissenschaftliche Ausbildung fachdidaktische Inhalte umfasst, die sich auf den Inhaltsbereich „Verbrennung“ übertragen lassen. Beim Fachwissen ergeben sich andere Unterschiede: Während Lehrkräfte mit naturwissenschaftlichem Ausbildungshintergrund signifikant mehr Fachwissen als die anderen Gruppen haben, weisen die Lehrkräfte mit gesellschaftswissenschaftlichem Ausbildungshintergrund ein genauso großes Wissen auf, wie die Lehrkräfte ohne Ausbildung im Sachunterricht, $F(2, 197) = 6.498$; $p = .002$; $\eta2 = .062$. Das Abschneiden der Naturwissenschaftler bestätigt, dass für den Erwerb von Fachwissen diese Inhalte bereits im Studium integriert sein müssen. Fehlen Lerngelegenheiten zum Erwerb von naturwissenschaftlichen Fachinhalten, wie im Fall der

Gruppe der Gesellschaftswissenschaftler und der Lehrkräfte ohne Ausbildung im Sachunterricht, fallen die Ergebnisse schlechter aus.
Bezüglich der Unterrichtserfahrung ergibt sich im fachdidaktischen Wissen kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, $F(2, 196) = 1.501$; $p = .222$; $\eta^2 = .008$. Im Gegensatz dazu weisen die erfahrenen Lehrkräfte ein signifikant größeres Fachwissen als die unerfahrenen Lehrkräfte auf, $F(2, 197) = 13.527$, $p < .001$, $\eta^2 = .064$.
Die Analysen zur dritten Forschungsfrage zeigen, dass nur beim fachdidaktischen Wissen eine Interaktion zwischen den beiden Faktoren Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung besteht, $F(2, 196) = 3.972$; $p = .020$; $\eta^2 = .039$. Während die Gruppen der unerfahrenen Naturwissenschaftler und Gesellschaftswissenschaftler ähnliche Testleistungen erbringen, weist die Gruppe der erfahrenen Naturwissenschaftler ein größeres Wissen auf; Lehrkräfte mit gesellschaftswissenschaftlichem Ausbildungshintergrund schneiden hier signifikant schlechter ab. Ohne Unterrichtserfahrung ist es demnach unerheblich, welchen Bereich des Sachunterrichts man studiert hat, während man mit Unterrichtserfahrung und naturwissenschaftlicher Ausbildung mit Hinblick auf das Professionswissen eine Vorteil besitzt.

Implikationen

Obwohl beim Fachwissen keine Interaktion zu finden ist, gilt für beide Wissensbereiche, dass Lehrkräfte ohne naturwissenschaftlichen Ausbildungshintergrund nicht das Leistungsniveau erreichen, wie Lehrkräfte mit naturwissenschaftlichem Ausbildungshintergrund. Somit legen die Ergebnisse den Schluss nahe, dass Lehrkräfte eine naturwissenschaftliche Ausbildung besitzen sollten, um den Inhaltsbereich „Verbrennung“ zu unterrichten. Damit einher geht die Empfehlung, fachfremdes Unterrichten in der Grundschule zu vermeiden. Ließen sich darüber hinaus die Ergebnisse in weiteren Disziplinen des Sachunterrichts replizieren, wäre eine zweite Empfehlung, alle Disziplinen des Sachunterrichts in die Ausbildung zur Sachunterrichtslehrkraft zu integrieren.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.

Blömeke, S., Seeber, S., Lehmann, R., Kaiser, G., Schwarz, B., Felbrich, A., & Müller, C. (2008). Messung des fachbezogenen Wissen angehender Mathematiklehrkräfte. 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. 49-88). Münster: Waxmann.

Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., . . . 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.

Fiebig, J., & Merkens, H. (2012). Übersicht zum Studium des Lehramts an Grundschulen an deutschen Universitäten und Pädagogischen Hochschulen im Sachunterricht mit den Schwerpunkten Naturwissenschaft und Technik und in Mathematik. In H. Merkens (Hrsg.), Berichte aus der Arbeit des Arbeitsbereichs Empirische Erziehungswissenschaft der Freien Universität Berlin: Bd. 50. Technikinteresse von Grundschullehrkräften (S. 13-37). Berlin.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (überarb.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule - Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrerkräfte? In H. Merkens (Hrsg.), Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE). Lehrerbildung: IGLU und die Folgen (S. 65-84). Opladen: Leske und Budrich.

Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 289-313. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/17_Woitkowski.pdf.

Monika Zimmermann[1] [1]Forscherstation gGmbH
Hendrik Lohse-Bossenz[2] [2]PädQUIS gGmbH
Miriam Janke[1]
Stefen Müller[1]
Isabelle Kremer[1]
Wolfgang Tietze[2]

Praxiswirkungen einer Erzieherfortbildung – eine experimentelle Studie

Ausgangspunkt und Problemstellung

Als Reaktion auf die bildungspolitische Forderung nach einer stärkeren Betonung des Bildungsauftrags des Kindergartens lässt sich seit einiger Zeit die Tendenz beobachten, dass in großer Geschwindigkeit zahlreiche neue Fortbildungsprogramme (v. a. auch im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung) entwickelt werden. Grundlage bilden z. T. verschiedene wissenschaftliche Ansätze, wie frühe naturwissenschaftliche Bildung aussehen kann (z. B. French, 2004; Fthenakis, Wendell, Eitel, Daut, & Schmitt, 2012; Martin, Jean-Sigur, & Schmidt, 2005; Zimmermann, 2011). In der Praxis jedoch stehen viele Erzieherinnen [1] vor der Herausforderung, Angebote in diesem Bereich anzubieten. Evaluationen, die sich mit Qualität, Nachhaltigkeit und Wirkung der bereitgestellten Fortbildungsmaßnahmen für pädagogische Fachkräfte theoriebasiert auseinandersetzen, sind hingegen selten vorzufinden.

Experimentelle Studie und Forschungsfragen

Aus diesem Grund widmet sich das Verbundforschungsprojekt „Multiplikatorenprogramm Forscherstation“ [2] (Zimmermann, Lohse-Bossenz, & Janke, 2014) u. a. der Frage, ob das Fortbildungs- und Coachingprogramm „Mit Kindern die Welt entdecken“ (MKdWe, Welzel et al., 2007, Zimmermann, 2011) bei den daran teilnehmenden Erzieherinnen zu Veränderungen ihrer pädagogischen Praxis führt. Dieses wurde in der Forscherstation, Klaus Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH, An-Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg entwickelt und seit 2006 in verschiedenen Durchläufen erprobt und evaluiert. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass sich die subjektiv empfundene pädagogische Kompetenz der teilnehmenden Erzieherinnen über die Fortbildung hinweg und darüber hinaus steigert (Zimmermann, 2011). Ob diese Effekte replizierbar sind, wird im Rahmen des Projekts durch den Einsatz von systematisch ausgebildeten Multiplikatoren untersucht. Zusätzlich soll überprüft werden, ob sich die selbst eingeschätzten Kompetenzentwicklungen der Erzieherinnen in Bezug auf naturwissenschaftliche Frühförderkompetenz (NFFK) auch in optimierten Handlungsweisen im Kita-Alltag niederschlagen. Eine Erweiterung und Optimierung des Selbstberichtsinstrumentariums (NFFK-Methodeninventar) und eine Erweiterung der Evaluationsperspektive ermöglicht die Überprüfung konkreter Praxiswirkungen des Fortbildungsprogramms. Daraus ergeben sich folgende zentrale Forschungsfragen:

- Welchen Beitrag leistet die Fortbildungsmaßnahme für die Entwicklung professioneller Kompetenz und für die praktische Arbeit frühpädagogischer Fachkräfte?
- Wie kann ein begleitendes Coachingangebot die Fortbildungseffekte ergänzen?[3]

[1] Der in diesem Beitrag zum Zweck einer leichteren Lesbarkeit verwendete Begriff „Erzieherinnen“ bezieht sich sowohl auf weibliche als auch auf männliche pädagogische Fachkräfte im Elementarbereich.

[2] Das von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH geförderte Verbundforschungsprojekt „Multiplikatorenprogramm Forscherstation“ wird von der Forscherstation gGmbH in Kooperation mit der PädQUIS gGmbH im Zeitraum von März 2013 bis Februar 2016 durchgeführt.

[3] Eine Darstellung des Teilprojektes zur 3. Forschungsfrage findet sich bei Kremer et al. (in diesem Band).

Forschungsdesign

Um die Wirksamkeit der Fortbildung wissenschaftlich zu belegen und Optimierungspotential zu identifizieren, beinhaltet die Studie folgende Aspekte: 1) Ein experimentelles Designs (Warte-Kontroll-Gruppe) ermöglicht die Identifikation von Fortbildungseffekten über den Vergleich zweier Gruppen. 2) Um tatsächliche Fortbildungseffekte zu zeigen, werden potentielle Veränderungen bei den Erzieherinnen in den Blick genommen. Hierfür sind Praxisbeobachtungen zu zwei Messzeitpunkten vorgesehen. 3) Um Erklärungen dafür zu finden, warum Veränderungen stattgefunden haben, liegt der Evaluation ein theoretisches Modell zugrunde, wie Fortbildungsinhalte verarbeitet und schlussendlich in die Praxis transferiert werden (Hamre et al., 2012). So kann die Fortbildung einerseits durch das Erlernen konkreter Verhaltensweisen direkte Effekte auf die pädagogische Praxis haben, aber auch indirekt über Wissensaufbau und Einstellungsänderung wirksam werden. Abbildung 1 verdeutlicht das Forschungsdesign und den zeitlichen Ablauf.

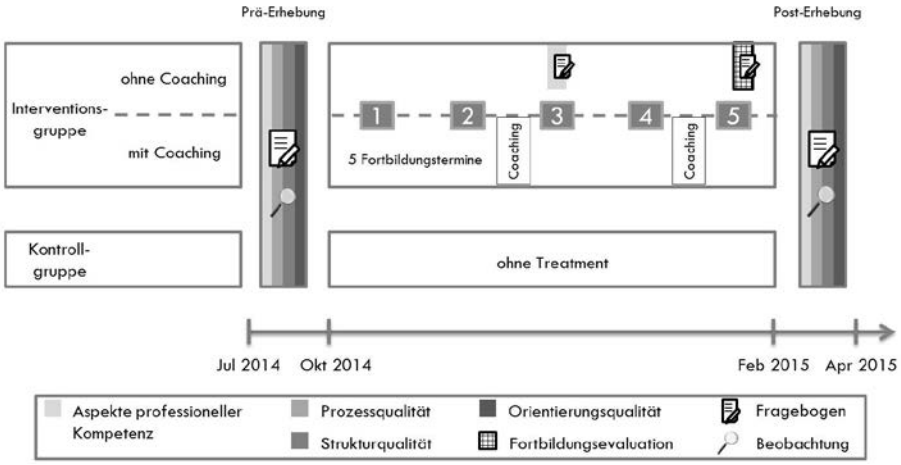


Abb. 1 Forschungsdesign Verbundprojekt Juli 2014 – Juli 2015

Stichprobe – Rekrutierung und Zusammensetzung

Durch eine intensivierte Rekrutierungsstrategie (Zeitraum: 10/13 – 02/14) unter Einbezug von Jugendämtern, Trägervertretungen, Werbeveranstaltungen sowie umfangreichen Telefon-Akquisen konnten 67 Einrichtungen v. a. aus dem Einzugsgebiet der Metropolregion Rhein-Neckar für die Teilnahme am Verbundforschungsprojekt verbindlich gewonnen werden. Diese wurden zufällig auf Interventions- (N= 34) und Kontrollgruppe (N = 33) aufgeteilt. Die beteiligten 134 Erzieherinnen (67 Tandems) sind in verschiedenen Altersbereichen und pädagogischen Konzepten tätig und haben bisher keine Fortbildungen innerhalb der Forscherstation besucht. Von diesen haben 46 bislang keinerlei Fortbildungen im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung besucht.

Instrumente

Die Auswahl der Instrumente basiert einerseits auf personenorientierten Kompetenzmodellen im frühpädagogischen Bereich (Anders, 2012; Fröhlich-Gildhoff, Nentwig-Gesemann, & Pietsch, 2011; Zimmermann, 2011) und andererseits auf einer Settingperspektive wie sie Tietze und Kollegen (1998) formulieren. Hierfür wurde ein bestehendes Selbstberichtsinstrument von Zimmermann (Fragebogen zur Erfassung von NFFK, 2011) um verschiedene Merkmale wie z. B. Selbstwirksamkeit und Gestaltung von

frühkindlichen Lernumgebungen erweitert (Aspekte professioneller Handlungskompetenz). Weiterhin werden direkte Beobachtungen an den jeweiligen Einrichtungen durchgeführt, um Merkmale der Struktur-, Orientierungs- und Prozessqualität zu erfassen. Einen besonderen Schwerpunkt bildet dabei die Beobachtung der Interaktionsqualität der Erzieherin innerhalb eines pädagogischen Angebots zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung anhand eines hierfür entwickelten Beobachtungsverfahrens. Dieses Beobachtungsverfahren erfasst jeweils auf einer 7-stufigen Skala die Interaktionsqualität anhand der Merkmale Alltagsbezug, Selbsttätigkeit, Orientierung des pädagogischen Angebots an kindlichen Bedürfnissen, naturwissenschaftliche Aktivitäten, kognitive Aktivierung sowie Kommunikations-geschehen. Diese Instrumente werden u. a. um Videodokumentationen der Fortbildung und Fragebögen zur Erfassung der Fortbildungsqualität und des Praxistransfers ergänzt.

Bisheriger Ergebnisstand und Ausblick

Als zentrales Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Entwicklung der Erhebungsinstrumente erfolgreich abgeschlossen wurde. Nach einer Pilotierung an mehr als 90 pädagogischen Fachkräften konnten Fragebogeninstrumente in der Haupterhebung eingesetzt werden, die eine ausreichend hohe Messgüte aufweisen (Cronbachs $\alpha > .70$). Nach einer Schulung der Praxisbeobachter erreichten diese in einem Praxistest eine Übereinstimmung von Kendall's $W > .80$. Weiterhin haben die Fortbildner (Multiplikatoren) ein intensives Schulungsprogramm durchlaufen und zwei Fortbildungsreihen erfolgreich durchgeführt.

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, die Praxiswirkungen der Fortbildung „Mit Kindern die Welt entdecken" empirisch zu untersuchen. Auf einer theoretischen Basis wurden ein Forschungsdesign und zugehörige Methoden entwickelt, damit differenzierte Aussagen zu direkten und indirekten Effekten ermöglicht werden. Trotz der vergleichsweise geringen Stichprobe erwarten wir Erkenntnisse, die Möglichkeiten zur evidenzbasierten Optimierung der Fortbildung aufzeigen.

Literatur

Anders, Y. (2012). Modelle professioneller Kompetenzen für frühpädagogische Fachkräfte. Aktueller Stand und ihr Bezug zur Professionalisierung: Expertise zum Gutachten „Professionalisierung in der Frühpädagogik" im Auftrag des Aktionsrats Bildung. München: vbw.

French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. Early Childhood Research Quarterly, 19(1), 138-149. doi: 10.1016/j.ecresq.2004.01.004

Fröhlich-Gildhoff, K., Nentwig-Gesemann, I., & Pietsch, S. (2011). Kompetenzorientierung in der Qualifizierung frühpädagogischer Fachkräfte. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF). München: Verlag Deutsches Jugendinstitut.

Fthenakis, W. E., Wendell, A., Eitel, A., Daut, M., & Schmitt, A. (2012). Natur-Wissen schaffen - Band 3: Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Essen: LOGO-Lernspiel Verlag.

Hamre, B. K., Pianta, R. C., Burchinal, M., Field, S., LoCasale-Crouch, J., Downer, J. T. (2012). A Course on Effective Teacher-Child Interactions Effects on Teacher Beliefs, Knowledge, and Observed Practice. American Educational Research Journal, 49(1), 88-123. doi: 10.3102/0002831211434596

Martin, J. D., Jean-Sigur, R., & Schmidt, E. (2005). Process-Oriented Inquiry- A Constructivist Approach to Early Childhood Science Education: Teaching Teachers to do Science. Journal of Educational Psychology, 17(2), 13-26.

Tietze, W., Meischner, T., Gänsfuß, R., Grenner, K., Schuster, K.-M., Völkel, P. (1998). Wie gut sind unsere Kindergärten: Eine Untersuchung zur pädagogischen Qualität in deutschen Kindergärten. Neuwied; Berlin: Luchterhand.

Welzel, M., Zimmermann, M., Rößler, A. & Scorza de Appl, C. (2007). Mit Kindern die Welt entdecken: Konzept einer Fortbildung mit wissenschaftlicher Begleitung. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bern 2006 (Bd. 27, S. 251–253). Münster: LIT.

Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten: Eine integrative Längschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Berlin: Logos Verlag.

Zimmermann, M., Lohse-Bossenz, H., & Janke, M. (2014). „Mit Kindern die Welt entdecken" – ein Fortbildungskonzept verbindet Wissenschaft und Praxis. KiTa aktuell - Baden-Württemberg(2).

Carolin Hülsmann Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Chemie als Leistungskurs unbeliebt - Determinanten der Kurswahl

Ausgangslage

In der gymnasialen Oberstufe ist Chemie neben Physik eines der am stärksten von Abwahlen betroffenen Unterrichtsfächer. Nur ein geringer Anteil der Schülerschaft belegt diese Kurse bis zum Schulabschluss und noch weniger Schülerinnen und Schüler legen in diesen Fächern Abiturprüfungen ab (Ministerium für Schule und Weiterbildung, 2013). In Hinblick auf den drohenden Fachkräftemangel und das sinkende Interesse an naturwissenschaftlichen Karrieren drücken Schulentwicklungsexperten daher ihre Besorgnis über die sinkenden Kursteilnehmerzahlen und die hohen Studienabbruchquoten (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012) in diesen Fächern aus. In Anbetracht dessen sind in den letzten Jahren vielerorts Studien ins Leben gerufen worden, die sich mit der Ermittlung von Einflussfaktoren auf den Entscheidungsprozess beschäftigen.

Das von Eccles und Wigfield (2002) entwickelte *expectancy-value model of achievement-related choices* stellt in diesem Zusammenhang eine Perspektive dar, mit der die Kurswahlentscheidung genauer verstanden werden sollen. Die Autoren gehen in ihrem Modell davon aus, dass Leistungen und leistungsbezogenes Wahlverhalten direkt auf die Erfolgsaussichten (Erwartungskomponente) und die mit einem Handlungsergebnis verbundenen, subjektiven Werte (Wertkomponente) zurückzuführen sind. Auf die Wahl eines Faches bezogen, thematisiert die Erwartungskomponente damit die Frage, wie zuversichtlich ein Schüler bzw. eine Schülerin ist, in einem entsprechenden Kurs erfolgreich sein zu können. Die Wertkomponente umfasst hingegen alle subjektiven, mit der Fächerwahl verbunden Werte, die sich darauf beziehen, wie persönlich wichtig, nützlich oder Freude bereitend das Ergebnis empfunden wird. Die Wertkomponente wird weiter unterteilt in die Aspekte *interest-enjoyment value*, *attainment value*, *utility value* und *relative cost*. Das Interesse und die Freude an einem Fach werden dabei mit dem Aspekt *interest-enjoyment value* verbunden. Als Maß dafür, wie gut oder schlecht sich ein Fach in die Selbstwahrnehmung eines Schülers einfügt, steht der Aspekt *attainment value*. Die Komponente *utility value* erfasst darüber hinaus alle Aspekte, die in Betracht gezogen werden, um andere eher extrinsisch motivierte Ziele zu erreichen. Als letztes umfasst der Aspekt *relative cost* alle negativen Konsequenzen, die mit einer Wahlentscheidung einhergehen.

In Bezug auf den Einfluss der oben angeführten Komponenten auf die allgemeine Wahlentscheidung konnten unter anderem Arbeiten von Abel (2002) zeigen, dass sich die Schülerinnen und Schüler bei ihren Kurswahlen hauptsächlich an den eigenen Fähigkeiten und Interessen sowie Berufs- und Studienwünschen orientieren. Aber auch strategische Überlegungen spielen bei der Fächerwahlentscheidung eine Rolle. Je nach Selbstbewusstsein und Begabungsbild werden die Wahlen individuell sehr unterschiedlich wahrgenommen. Während die Entscheidungen von begabten Schülerinnen und Schülern stärker interessenorientiert ausfallen, entfernen sich die Beweggründe der leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler stärker von den intendierten Wahlmotiven der Oberstufenreform (Eilers, 1987). Weitere Unterschiede im Wahlverhalten konnte zudem zwischen den Schülerinnen und Schülern verschiedener Schwerpunktprofile festgestellt werden. Lernende mit einem sprachlich-gesellschaftlichen Schwerpunkt legen bei ihrer Wahl mehr Wert auf ihre Interessen, während Schülerinnen und Schüler, die einen naturwissenschaftlichen Schwerpunkt gewählt haben, mehr Gewicht auf die Nützlichkeit der gewählten Fächer für die Hochschulbewerbung legen. Dieses konnte insbesondere für die weiblichen Schüler

gezeigt werden. Zudem ist die Vermeidung hoher Kosten wie die investierte Zeit und Anstrengung für Lernende mit einem sprachlich-gesellschaftlichen Profil wesentlich wichtiger als Schülerinnen und Schülern mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt (Bøe, 2012).

Fragestellung und Studiendesign

Inwieweit entsprechende Erklärungen auch für das Fach Chemie gelten, gilt es im Folgenden zu untersuchen. Das zentrale Ziel der hier vorgestellten Studie ist es daher, zu ermitteln, welche Motive für die Wahl bzw. Abwahl des Faches Chemie in der Oberstufe von Bedeutung sind und welche Faktoren sich als Prädiktoren für den Erfolg im Fach Chemie identifizieren lassen, um diese Erkenntnisse für die Entwicklung von Fördermaßnahmen nutzen zu können und damit den sinkenden Kursteilnehmerzahlen in der Oberstufe entgegenzuwirken.

In Anlehnung an die Erwartungs- und Wertkomponente des expectancy-value models of achievement-related choices (Eccles & Wigfield, 2002) wurden das Interesse, das Fachwissen, das Fähigkeitsselbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler sowie die Chemienote, die Berufswünsche und extrinsische Gründe für die Wahl bzw. Abwahl des Faches über einen Fragebogen erhoben. Um darüber hinaus zu überprüfen, ob diese Faktoren denen entsprechen, die von den Schülerinnen und Schülern selbst als Beweggründe für die Wahlentscheidung angegeben werden, wurden die Schülerinnen und Schüler diesbezüglich noch einmal über offene Items befragt. Als Kontrollvariable dienten nonverbale Skalen des Kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000).

Für die Überprüfung des Fachwissens wurde ein Multiple-Choice Test zum Inhaltsbereich *chemische Reaktionen* entwickelt, der Items zu verschiedenen Themenfelder der 9. - 12. Klasse umfasste und im Multi-Matrix-Design eingesetzt wurde. Das Interesse wurde in Anlehnung an das Interessenkonstrukt um Schiefele, Krapp und Prenzel mehrdimensional über bestehende Skalen zum Sach- und Fachinteresse von Schulz (2010) ermittelt. Zur Erhebung des Fähigkeitsselbstkonzeptes und der Selbstwirksamkeitserwartung wurden vorhandene Testinstrumente von Dickhäuser et al. (2002) und Jerusalem und Satow (1999) fachspezifisch modifiziert. Als extrinsische Beweggründe wurden strategische und soziale Überlegungen über geschlossene Items erfasst.

Eingesetzt wurden die Testinstrumente in einem Quasi-Längsschnitt an drei Jahrgangsstufen (9. - 12. Klasse), indem die Schülerinnen und Schüler zu zwei Messzeitpunkten im Abstand von einem Jahr befragt wurden. Alle Schülerinnen und Schüler wurden hierfür am Ende der Sekundarstufe I getestet, wobei diejenigen Schülerinnen und Schüler, die Chemie in der Oberstufe weiterhin belegten, zum Ende der Einführungsphase der Oberstufe erneut befragt wurden (Teilstichprobe I). Nach getroffener Kurswahlentscheidung für die Qualifikationsphase nahmen anschließend diejenigen Schülerinnen und Schüler, die das Fach Chemie fortführten, jeweils zum Schuljahresende erneut an einer Befragung teil (Teilstichprobe II). Die beiden Teilstichproben wurden dabei in einem echten Längsschnitt erhoben und bilden über Mittelwertvergleiche einen Quasi-Längsschnitt über die gesamte Oberstufe ab. An der Studie nahmen insgesamt 2.137 Schülerinnen und Schüler aus 14 nordrhein-westfälische Gymnasien und Gesamtschulen teil.

Ergebnisse

Ersten Ergebnissen der Hauptstudie zufolge, die in den Schuljahren 2012/13 und 2013/14 durchgeführt wurde, weisen die Skalen zum Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept, den Selbstwirksamkeitserwartungen und Kognitiven Fähigkeiten sehr gute Reliabilitäten mit Cronbachs α Werten von .89 bis .97 auf. Die Ergebnisse der Rasch-Analyse für den Fachwissenstest zeigen eine EAP/PV-Reliabilität von .61, wenn die Schülerinnen und Schüler zu gleichen Anteilen aus allen vier Jahrgängen in die Analyse einbezogen werden.

Betrachtet man ausschließlich Lernende der letzten beiden Schuljahre dann werden Werte von .63 bis .71 erreicht.

In Bezug auf die Teilnehmerentwicklung der Projektstichprobe zeigt sich, dass bereits am Ende der Sekundarstufe I 52.6 % der Schülerschaft (N = 1.316, 51.6 % weiblich, M_{Alter} = 14.9 Jahre) das Fach Chemie abwählen, wobei 50.3 % der Lernenden weiblich sind. Diejenigen, die das Fach bis zum Schulabschluss fortführen (N = 350), werden vornehmlich auf grundlegendem Kursniveau unterrichtet, da lediglich N = 54 (55.6 % weiblich, M_{Alter} = 17.1 Jahre) Schülerinnen und Schüler der Ausgangsstichprobe das Fach als Leistungskurs belegen.

Betrachtet man die Motive der Wahlentscheidung, dann zeigen Korrelationsanalysen, dass das Interesse (r = .611, $p \leq .001$) und die Kompetenzüberzeugungen der Schülerinnen und Schüler (r = .522, $p \leq .001$) sowie die Nützlichkeit des Fach für den Berufswunsch (r = .510, $p \leq .001$) eine bedeutende Rolle bei der Kurswahlentscheidung spielen, während die Chemienote (r = .386 $p \leq .001$) und die kognitiven Fähigkeiten (r = .213, $p \leq .001$) der Lernenden weniger wichtig zu sein scheinen. Mittelwertvergleiche zwischen den Schülerinnen und Schülern verschiedener Kursniveaus zeigen für den Jahrgang der Einführungsphase zudem, dass das gewählte Kursniveau mit steigendem Interesse (F (3,587) = 68.99, $p \leq .001$, r = .510) und Fähigkeitsüberzeugungen (F (3,589) = 55.13, $p \leq .001$, r = .467) zunimmt. Bedauerlicherweise wählt ein Großteil der Schülerinnen und Schüler, die diese Voraussetzungen nicht erfüllen, das Fach bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt ab. Die Erklärungen der Lernenden gehen dabei im Wesentlichen mit den beschrieben Ergebnissen einher. Diese geben an, das Fach abgewählt zu haben, weil sie sich überfordert fühlen und das Interesse am Fach verloren hätten.

Literatur

Abel, J. (2002). Kurswahl aus Interesse? Die Deutsche Schule. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis, 94(2), 192–203.

Bøe, M.V. (2012). Science Choices in Norwegian Upper Secondary School: What Matters? Science Education, 96(1), 1-20.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skala zum akademischen Selbstkonzept. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23(4), 393-405.

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. Annual Reviews Psychology, 53, 109–132.

Eilers, R. (1987). Schullaufbahn und Selbstkonzept. Zeitschrift für Pädagogik, 33, 247–266.

Heller, K.A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe.

Heublein, U.; Richter, J.; Schmelzer, R.; & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen. HIS Hochschul-Informations-System.

Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin: Freie Universität.

Schulz, A. (2010). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie. Berlin: Logos.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht 2012/13.[Online]
URL:http://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Service/Schulstatistik/Amtliche-Schuldaten/StatUebers379-Quantita2012-2013.pdf

Nina Bertels Freie Universität Berlin
Claus Bolte

Einflussfaktoren des Chemieunterrichts auf die Berufswahl

Ausgangspunkt

Jugendliche sind in der Regel kaum bereit, einen naturwissenschaftlich-technischen Beruf zu ergreifen (Bertels & Bolte, 2009; Elster, 2009). Aufgrund dessen wurden in Deutschland zahlreiche Forschungsarbeiten veröffentlicht, in deren Fokus die naturwissenschaftsbezogene Berufswahl Jugendlicher steht (u. a. Haucke & Parchmann, 2012; Frank & Niethammer, 2012). So untersuchte Taskinen (2010) Einflussfaktoren auf die naturwissenschaftsbezogene Berufswahlentscheidung hochkompetenter Jugendlicher. Sie konnte nachweisen, dass das Interesse an Naturwissenschaft und Technik, das naturwissenschaftsbezogene Selbstkonzept und der Beruf der Eltern die Berufswahlentscheidung von Jugendlichen (statistisch bedeutsam) beeinflussen, wohingegen die subjektive Einschätzung, Kenntnisse über naturwissenschaftsbezogene Berufe zu besitzen, ihrer Studie zufolge nur einen indirekten Einfluss auf Berufswahlentscheidungen Jugendlicher ausübt.

Theoretischer Rahmen

Da gemäß Taskinen (2010) die eigene Einschätzung, über naturwissenschaftsbezogene Berufe informiert zu sein, allein wenig erklärungsmächtig scheint, um die negativen Einstellungen Jugendlicher zu erklären, greifen wir im Folgenden vier theoretische Konzepte auf, die unseres Erachtens geeignet sind, chemiebezogene Berufswahlentscheidungen Jugendlicher aufzuklären. Da wir diese theoretischen Konzepte bereits in vorangegangenen Veröffentlichungen ausführlich vorgestellt haben (Bertels & Bolte, 2009; 2010), erfolgt die Beschreibung an dieser Stelle nur sehr knapp.

Das erste theoretische Konzept ist das Konzept der Entwicklungsaufgaben (Havighurst, 1981). Wir beziehen uns auf die „fachbezogenen Entwicklungsaufgaben“, die nach Schenk (2005) im Chemie- und Physikunterricht Beachtung finden sollten (zu nennen sind die Entwicklungsaufgaben: „Beruf“, „Selbst“, „Konzepte“, „Werte“, „Rolle“ und „Körper“). Unsere bisherigen Forschungsergebnisse legen den Schluss nahe, dass ein Zusammenhang zwischen der Ablehnung naturwissenschaftsbezogener Berufe auf Seiten von Jugendlichen und der mangelnden Unterstützung bei der Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben durch den naturwissenschaftlichen Unterricht bestehen könnte.

Neben zahlreichen internationalen Studien (Barmann 1999; Narayan et al., 2009) zu stereotypen bzw. prototypischen Bildern über Beschäftigte in naturwissenschaftsbezogenen Berufen wurde dieses Feld in Deutschland vor allem von Kessels und Hannover (2002; 2006) untersucht. Die Autorinnen beschreiben den Selbst-Prototypen-Abgleich als ein Mittel der Identitätsregulation (Kessels & Hannover, 2006). Sie konnten einen Zusammenhang zur Berufswahlabsicht bei technisch-naturwissenschaftlichen interessierten Jugendlichen bereits nachweisen (Kessels & Hannover, 2002).

Bolte (2004) entwickelte ein Instrument zur Erfassung des motivationalen Lernklimas. Wir gehen davon aus, dass Schülerinnen und Schüler, die ihren Chemieunterricht in der Schule bereits als wenig motivierend empfunden haben, sich wohl kaum für einen Beruf in diesem Bereich entscheiden.

Als viertes theoretisches Konzept ist das akademische Fähigkeitsselbstkonzept zu nennen. Taskinen (2010) identifizierte in ihrer Arbeit einen direkten Zusammenhang zwischen naturwissenschaftsbezogenem Selbstkonzept und naturwissenschaftsbezogener Berufswahlentscheidung; allerdings bei naturwissenschaftlich hochkompetenten Jugendlichen.

Forschungsfragen

Nachdem wir bereits aufdecken konnten, wie Schülerinnen und Schüler verschiedener Gruppen die vier theoretischen Konzepte mit Blick auf ihren Chemieunterricht beurteilen (Bertels & Bolte, 2009; 2010), möchten wir nun der Frage nachgehen, inwiefern die genannten theoretischen Konzepte dabei helfen, die Berufswahlabsicht Jugendlicher aufzuklären. Daher lautet unsere Forschungsfrage: Inwiefern beeinflussen die Variablen *„Entwicklungsaufgaben", „Selbst-Prototypen-Abgleich", „motivationales Lernklima"* und *„Fähigkeitsselbstkonzept"* die Berufswahlabsicht von Jugendlichen?

Methode

Das von uns eingesetzte Befragungsinstrument setzt sich aus fünf Teilen zusammen:

- einem Fragebogen zur Einschätzung der Bedeutung der fachbezogenen Entwicklungsaufgaben (Priorität) sowie der Unterstützung bei der Bearbeitung (Praxis) durch den Chemieunterricht; bestehend aus 6 Skalen: Beruf, Selbst, Werte, Konzepte, Rolle, Körper (Bertels & Bolte, 2009; 2010; siehe oben),
- einem Fragebogen, der die Beschreibung von Selbstbild und Prototyp erfasst; bestehend aus 7 Skalen: Attraktivität, soziale Kompetenz, Selbstbezogenheit, Intelligenz, Kreativität, Maskulinität, Femininität (Kessels & Hannover, 2002),
- einem Fragebogen zur Untersuchung des motivationalen Lernklimas; bestehend aus 8 Skalen: Zufriedenheit, Anforderungen/Verständlichkeit, Fachorientierung, Relevanz der Themen, Partizipationsmöglichkeiten, Mitarbeit der Klasse, Partizipationsbereitschaft und berufsorientierende Anteile (Bolte, 2004),
- einem Fragebogen – bestehend aus zwei Skalen zur Erfassung des schulischen sowie des chemiebezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts (nach Dickhäuser et al., 2002)
- sowie einer Skala, mit deren Hilfe Berufswahlabsichten Jugendlicher untersucht werden können (Kessels & Hannover, 2002).

Dieses Befragungsinstrument wurde in dieser Studie von 392 Haupt- und 111 Berufsschülern aus dem Bereich der Chemie beantwortet. Für die Beantwortung der oben beschriebenen Forschungsfrage wurde eine multiple, lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Ergebnisse

Die Regressionsanalyse ergab das folgende Modell.

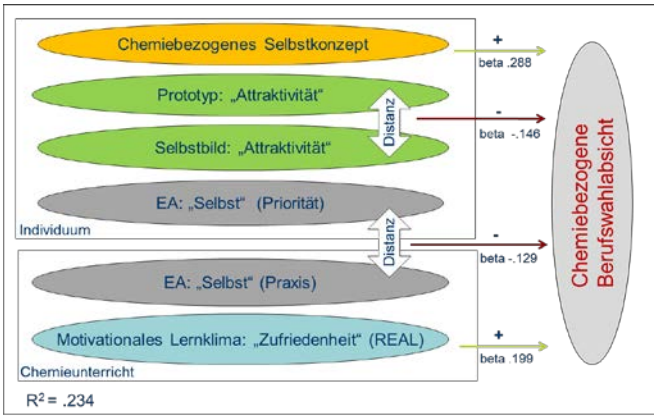


Abb. 1 Modell: Einflussfaktoren auf die chemiebezogene Berufswahlabsicht

Jedes der hier beschriebenen theoretischen Konstrukte leistet einen Beitrag zur Erklärung der Berufswahlabsichten der Jugendlichen. Das chemiebezogene Fähigkeitsselbstkonzept

sowie die Zufriedenheit der Schüler im Chemieunterricht beeinflussen chemiebezogene Berufswahlabsichten in positiver Weise. Demgegenüber werden chemiebezogene Berufswahlüberlegungen umso unwahrscheinlicher, je größer die Distanz zwischen Selbstbild und Prototyp bezüglich die Skala „Attraktivität“ und die Distanz zwischen Priorität und Praxis der Entwicklungsaufgaben-Skala „Selbst“ ausfallen.

Diskussion und Ausblick

Unsere Ergebnisse lassen erkennen, dass die oben beschriebenen vier theoretischen Konzepte dabei helfen, chemiebezogene Berufswahlabsichten von Jugendlichen aufzuklären. Weiterhin können wir schlussfolgern, dass Chemieunterricht, der Schüler bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben unterstützt, der negative chemiebezogene Prototypen abbaut, der in einem in einem positiven – die Schüler zufriedenstellenden – motivationalen Lernklima stattfindet und der zu einem positiven chemiebezogenen Fähigkeitsselbstkonzept der Schüler beiträgt, dazu führt, dass negativ konnotierte Einstellungen gegenüber chemiebezogenen Berufen abgebaut werden.

Im nächsten Schritt unserer Forschungsarbeit werden wir mithilfe von Pfadanalysen der Frage nachgehen, welche statistisch belegbaren Beziehungen zwischen den Variablen nachzuweisen sind. So erhalten wir weitere Hinweise, wie Jugendliche – in pädagogisch und naturwissenschaftsdidaktisch sinnvoller und vertretbarer Weise – in ihrem Bemühen unterstützt werden können, eine ihren Neigungen und ihrer Identität entsprechende berufliche Perspektive zu entwickeln.

Literatur

Barman, C. R. (1999). Students' views about scientists and school science: Engaging K-8 teachers in a national study. Journal of Science Teacher Education, 10(1), 43-54.

Bertels, N., Bolte, C. (2009): Lebenswelt- und Berufsorientierung - Fremdworte im Chemieunterricht. Höttecke, D. (Hg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perpektiven. Münster: Lit-Verlag. S. 461-463.

Bertels, N., Bolte, C., (2010): Einfluss von Chemieunterricht auf berufliche Orientierungen. Höttecke, D. (Hg.). Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Münster: Lit-Verlag. S. 320-322.

Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 53(7), 33-37.

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.

Elster, D. (2009). Aus Bildung und Wissenschaft-Naturwissenschaftlicher Unterricht und Beruf. Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 62(1), 4.

Frank, C. & Niethammer, M. (2012). Das Berufsbild des Naturwissenschaftlers - Eine große Unbekannte!? In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 110 - 112). Münster: LIT-Verlag.

Haucke, K. & Parchmann, I. (2012). Berufsorientierung - auch eine Aufgabe für den Fachunterricht?! In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 104-106). Münster: LIT-Verlag.

Havighurst, R. J. (1981): Developmental Tasks and Education (3rd ed.). New York and London: Longman.

Kessels, U., & Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen, 53–67.

Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessensentwicklung. Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster, 350–369.

Schenk, B. (2005). Entwicklungsaufgaben und Schule. In: B. Schenk (Ed.), Bausteine einer Bildungsgangtheorie (275–289). Springer.

Taskinen, P. H. (2010). Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerinnen und Schüler mit hoher naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz: eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Anna Kotwica[1] [1]Universität Hildesheim
Verena Pietzner[2] [2]Universität Oldenburg

Die Sicht von Chemieauszubildenden auf ihren Chemieunterricht in der Sekundarstufe I

In der chemischen Industrie gibt es viele interessante Ausbildungsberufe, die innovativ und zukunftsorientiert sind. Als Zugangsvoraussetzung wird die mittlere Reife gefordert. Zusätzlich sollten unter anderem ein Interesse am und gute Leistungen im Fach Chemie vorhanden sein. Doch inwieweit ist der Chemieunterricht der Sekundarstufe I als Vorbereitung für einen chemiebezogenen Ausbildungsberuf nützlich?
Im Rahmen des Projektes PACE-CHEM (Professional Approaches to Career Education in Chemistry) wurden die Rahmenbedingungen zur Berufsorientierung im Chemieunterricht in Niedersachsen erhoben. Unter anderen ging es darum, zu erfahren, wie nützlich verschiedene Akteure (Chemielehrer_innen, Ausbilder_innen und Auszubildende in der chemischen Industrie) den Chemieunterricht der Allgemeinbildenden Schulen als Grundlage für eine Ausbildung in chemiebezogenen Berufen einschätzen. Die Einteilung, was unter einem chemiebezogenen Beruf verstanden wird, bezieht sich auf die Klassifizierung der Bundesagentur für Arbeit (2014). In dem folgenden Beitrag soll nun der Frage nachgegangen werden, inwieweit der Chemieunterricht der Sekundarstufe I aus Sicht der Auszubildenden für eine Ausbildung in einem chemischen Beruf nützlich ist.

Aufbau der Studie

Um Informationen zur Forschungsfrage zu erhalten, wurde ein Fragebogen zur Berufszufriedenheit entwickelt, der in einem separaten Teil Fragen zum Chemieunterricht in der Schulzeit fragt. Eine solche Befragung eignet sich hier, da bei den meisten Befragten die Schulzeit noch nicht weit zurückliegt und sie sich sicherlich noch gut daran erinnern können. Zudem haben sie schon einen Einblick in Arbeitsfeld bekommen und können einschätzen, welche Kompetenzen in ihrer Ausbildung entscheidend sind. Der Frageblock umfasst zehn Items, die vorwiegend methodische Aspekte des Chemieunterrichts abfragen (vgl. Abb. 1) und von den Auszubildenden mit „trifft voll und ganz zu“ bis „trifft überhaupt nicht zu“ bewertet werden können.

	Trifft voll und ganz zu	*Trifft eher zu*	*Trifft eher nicht zu*	*Trifft überhaupt nicht zu*
...habe ich Wissen erworben, das ich in meiner Ausbildung verwenden kann.	☐	☐	☐	☐
...wurden chemische Berufe thematisiert.	☐	☐	☐	☐
...habe ich gelernt, Versuche selbstständig durchzuführen.	☐	☐	☐	☐
...habe ich gelernt, chemische Sachverhalte zu präsentieren.	☐	☐	☐	☐
...konnte ich am Computer arbeiten.	☐	☐	☐	☐
...wurden Bezüge zu anderen Fächern hergestellt.	☐	☐	☐	☐
...habe ich gelernt, Versuche selbstständig auszuwerten.	☐	☐	☐	☐
...habe ich chemiebezogene Berechnungen (Stöchiometrie) durchgeführt.	☐	☐	☐	☐
...konnte ich mit Modellen arbeiten.	☐	☐	☐	☐
...habe ich gelernt, chemische Informationen zu recherchieren und zu präsentieren.	☐	☐	☐	☐

Abbildung 1: Items zur Bewertung des Chemieunterrichts

Da durch die geschlossene Frage vermutlich nicht alle Aspekte des Chemieunterrichts aufgegriffen werden konnten, wurde dem Frageblock noch eine offene Frage nachgeschaltet, die individuelle Ergänzungen erlaubt.
Insgesamt wurden 797 Fragebögen versendet, wobei 623 zurückgesandt wurden und 609 zur Auswertung verwendet werden konnten.

Stichprobe
Bei den Befragten waren 75,6 % zwischen 16-21 Jahre alt. In der Stichprobe waren 46,8 % weiblich und 52,9 % männlich. Die Zusammensetzung der Stichprobe nach Berufsgruppen zeigt folgendes Bild: 39 % der Befragten waren Chemikant_innen, 27 % Pharmazeutisch technische_r Assistent_in, 26 % Chemielaborant_in und 8 % Chemische technische_r Assistent_in. Auch bringen die Befragten als Voraussetzung für ihre Ausbildung unterschiedliche Schulabschlüsse mit. Rund 59 % der Probanden haben einen Realschulabschluss, 25 % das Abitur, 8 % eine Fachhochschulreife und 5 % Fachoberschulreife.

Ergebnisse
Da das allgemeine Betrachten der Ergebnisse der Itemauswertung keine eindeutigen Tendenzen ergeben hat und die Auszubildenden unterschiedliche Schulabschlüsse als Zugangsvoraussetzung mitbringen, sollen die Ergebnisse getrennt nach Schulform analysiert werden. Dazu wurde ein H-Test durchgeführt, um festzustellen, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Schulformen gibt. In Tabelle 1 sind die Items, bei dem die Unterschiede signifikant sind, aufgelistet.
Vor allem Abiturient_innen haben die Gelegenheit bekommen, die genannten Kompetenzen in ihrem Chemieunterricht zu erwerben. Die mittleren Ränge der Realschüler_innen sind in der Regel am Kleinsten und unterscheiden sich deutlich von den Abiturient_innen.
Neben den geschlossenen Fragen wurde noch eine offene Frage formuliert. Die Auszubildenden wurden gefragt: „Was hätten Sie im Chemieunterricht gerne gelernt, das Ihnen bei der jetzigen Ausbildung helfen würde?“. Hierbei wurden vor allem inhaltliche Aspekte von den Auszubildenden ergänzt. Demnach hätten die Auszubildenden gerne Bindungsarten vertiefend im Chemieunterricht behandelt. Zudem wurde von den meisten der Wunsch geäußert, dass sie gerne mehr Praxis im Chemieunterricht gehabt hätten, was darauf schließen lässt, dass vermutlich wenig im Chemieunterricht experimentiert wird. Ferner hätten sie gerne eine fachliche Vertiefung in verschiedenen Themen, wie zum Beispiel das Periodensystem oder der Organischen Chemie, gehabt.

Tabelle 1: Bewertung des Chemieunterrichts

Item	Schulform	N	Mittl. Rang	X^2	Df	p
…habe ich gelernt, chemische Sachverhalte zu präsentieren.	Hauptschule	9	281,44	13,347	4	,010
	Realschule	357	287,32			
	Fachoberschulreife	31	267,19			
	Fachhochschulreife	48	283,22			
	Abitur	153	340,64			
…habe ich chemiebezogene Berechnungen (Stöchiometrie) durchgeführt.	Hauptschule	9	391,28	62,108	4	,000
	Realschule	357	268,60			
	Fachoberschulreife	31	222,61			
	Fachhochschulreife	48	300,29			
	Abitur	153	385,15			

…konnte ich mit Modellen arbeiten.	Hauptschule	9	391,28	41,151	4	,000
	Realschule	355	268,60			
	Fachoberschulreife	31	274,95			
	Fachhochschulreife	48	300,29			
	Abitur	153	366,63			
…habe ich gelernt, chemische Informationen zu recherchieren und zu präsentieren.	Hauptschule	9	330,33	12,928	4	,012
	Realschule	357	289,68			
	Fachoberschulreife	31	246,79			
	Fachhochschulreife	48	282,05			
	Abitur	153	336,74			

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Abiturient_innen ihren Chemieunterricht am positivsten bewerteten, Realschulabsolvent_innen bewerten ihn im Vergleich dazu deutlich schlechter. Die von den Probanden genannten inhaltlichen Aspekte sind zentrale Bestandteile der Kerncurricula (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007) für das Fach Chemie. Es ist daher bedenklich, dass die meisten Probanden eine Vertiefung in den zentralen Inhalten aus den Kerncurricula wünschen. Mögliche Gründe hierfür können vielfältig sein. Eine mögliche Ursache liegt sicherlich in dem hohen Anteil fachfremden Unterrichts im Fach Chemie, vor allem an Haupt- und Realschulen. Eine andere Ursache kann in dem Umstand liegen, dass dem Chemieunterricht an Schulen durch Lehrkräfte, Schülerschaft und Elternschaft eine geringe Bedeutung zugesprochen wird. Es ist daher wichtig, die Bedeutung der Chemie für unser Leben zu verdeutlichen, was vor allem durch fachdidaktische Forschung weiter unterstützt werden sollte. Um den Schüler_innen chemische Inhalte näher zu bringen, sollten im Unterricht praktische Phasen wie etwa Experimente eingebaut werden, um das Interesse bei den Schüler_innen zu wecken bzw. es aufrecht zu erhalten oder aber Thematiken zu veranschaulichen.

Es gibt viele interessante, chemische Berufe, die als Zugangsvoraussetzung die mittlere Reife fordern. Es sollte chemiebegeisterten und -interessierten Schüler_innen auch an Realschulen eine Vertiefung ihres Wissens, wie etwa in Wahlpflichtkursen, besser noch integriert im Profilunterricht (Regelunterricht), ermöglicht werden. Dies würde vermutlich den Weg von Realschulabsolvent_innen in eine chemiebezogene Ausbildung erleichtern. Denn die Bewertung des Chemieunterrichts lässt den Schluss zu, dass der Chemieunterricht an vielen Schulen keine gute Grundlage für eine Ausbildung in diesem Bereich zu sein scheint.

Literatur

Bundesagentur für Arbeit (2014). Ausbildungsberufe in der Chemie, abrufbar unter: http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/resultList.do (01.09.2014).

Niedersächsisches Kultusministerium (2007). Kerncurriculum für die Realschulen, abrufbar unter: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_rs_nws_07_nib.pdf (01.10.2014).

Anja Göhring Universität Regensburg
Anja Schödl

Fachspezifische Lehrerkompetenzen (FALKO) – Teilprojekt Physik

Zusammenfassung
Ziel der interdisziplinären Forschergruppe FALKO der Universität Regensburg ist die Entwicklung reliabler und valider Tests zum Professionswissen von Lehrkräften der Sekundarstufe I für verschiedene Fächer. Gemäß der Wissenstaxonomie von Shulman (1986, 1987) werden im Gesamtprojekt drei Kernbereiche fokussiert: PCK, CK, PK. Das gemeinsame Rahmenkonzept lehnt sich an der COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011; Krauss et al., 2011) an. Als Subfacetten des PCK wurden das „Erklären und Repräsentieren von Sachverhalten“ sowie das „Kennen typischer Schülerfehler und Lernschwierigkeiten“ operationalisiert. Während als dritte Subfacette des Mathematiktests das „Erkennen des multiplen Lösungspotenzials von Aufgaben“ erhoben wurde, beinhaltet der PCK-Test im Bereich Physik das „Wissen über Messen und Experimentieren“. Der CK-Test Physik umfasst vertieftes Hintergrundwissen zur Schulphysik der Sekundarstufe I. Im Beitrag werden die theoretische Rahmenkonzeption, die der Testkonstruktion zugrunde liegt, sowie erste Ergebnisse der Pilotstudie aus dem Bereich der Elektrizitätslehre vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund
Das Professionswissen, welches eine Teilkomponente der Lehrerkompetenz darstellt (vgl. Bromme, 1997), lässt sich begrifflich aus der Entwicklung unterschiedlicher Paradigmen ableiten, z. B. dem Persönlichkeitsparadigma, dem Prozess-Produkt-Paradigma und dem Experten-Novizen-Paradigma. Nach Letzterem ist lernwirksames Unterrichten weniger auf Charaktereigenschaften bzw. individuelle Talente der Lehrkraft, sondern auf erlernbares Wissen und Können zurückzuführen (Bromme, 2008; Helmke, 2007; Oelkers & Reusser, 2008). Dem Professionswissen einer Lehrkraft wird eine entscheidende Rolle für effektives Handeln im Unterricht und, daraus resultierend, den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern zugeschrieben (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1997; Helmke, 2009). Von zentraler Bedeutung ist hierbei das fachspezifische Professionswissen, welches durch das jeweilige Schulfach den Handlungsrahmen einer Lehrkraft vorzugeben scheint (Baumert & Kunter, 2006; Kunter & Pohlmann, 2009; Loewenberg Ball, Theule Lubienski & Spangler Mewborn, 2001). Dieses fachspezifische Professionswissen lässt sich weiter in die Dimensionen Fachwissen (CK: Content Knowledge) und Fachdidaktisches Wissen (PCK: Paedagogical Content Knowledge) unterteilen (Shulman, 1986, 1987; Baumert & Kunter, 2011).
Bei der Konstruktion des Testinstruments FALKO-Physik erfolgte hinsichtlich der Erfassung des CK eine Orientierung am Niveau des „vertieften Schulwissens“ bzw. des „vertieften Hintergrundwissens zu Themengebieten des Fachlehrplans“, wie es sich auch bei Fachwissenstests anderer Forschergruppen (vgl. z. B. MT21-, TEDS-M-, COACTIV-Studie, Forschungsverbund ProfiLe-P) wiederfinden lässt. Während bisherige Tests (vgl. z. B. Riese & Reinhold, 2009) primär das CK in der Mechanik erheben, werden bei FALKO-Physik darüber hinaus weitere für die Sekundarstufe I relevante Themengebiete (Elektrizitätslehre, Optik, Wärmelehre) im Test abgebildet.
Beim PCK werden – in Anlehnung an die COACTIV-Studie – die Subfacetten „Wissen über Instruktion“ (Erklären und Repräsentieren von Sachverhalten) und „Wissen über Schülerkognition“ (Kennen typischer Schülerfehler und Lernschwierigkeiten) unterschieden. Als weitere, insbesondere für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevante Teildimension wurde das „Wissen über Messen und Experimentieren“ erfasst. Die einzelnen

Aufgaben des Tests zum PCK wurden so konzipiert, dass sie sowohl das deklarative und prozedurale, als auch das konditionale Wissen (Paris, Lipson & Wixson, 1983) erfassen. Da Letztere situations- und ablauforientiert organisiert sind (sog. Handlungsschemata) (Blömeke et al., 2008), wurden zahlreiche Testaufgaben (Papier-und-Bleistift-Test) so formuliert, dass sie für den Physikunterricht typische Unterrichtssituationen beschreiben. Dies entspricht darüber hinaus der Konzeptualisierung des PCK, auf welche im Jahre 2012 eine Verständigung auf internationaler Ebene stattfand:
Knowledge of, reasoning behind, and planning for teaching a particular topic in a particular way for a particular purpose to particular students for enhanced student outcomes (reflection on action, explicit).
The act of teaching a particular topic in a particular way for a particular purpose to particular students for enhanced student outcomes (reflection in action, tacit or explicit).
(PCK-Summit 2012, http://pcksummit.bscs.org)

Empirische Studie

Mit dem Testinstrument FALKO-Physik soll das fachspezifische Professionswissen von Lehrkräften erfasst und die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Lässt sich das fachspezifische Professionswissen (PCK, CK) von Physiklehrkräften reliabel und valide messen?
- Wie hängen PCK und CK im Fach Physik zusammen?
- Wie unterscheiden sich Physiklehrkräfte an Haupt-/Mittelschulen und Realschulen in Bezug auf die beiden Wissensdimensionen?
- Wie unterscheiden sich Lehrkräfte an Haupt-/Mittelschulen, die Physik als Hauptfach studiert haben, von denen, die Physik als Nebenfach studiert haben oder ohne ein Physikstudium unterrichten, hinsichtlich der beiden Wissensbereiche?

Eine erste Fassung des Testhefts zur Elektrizitätslehre (36 Items CK, 17 Items PCK) wurde im Januar 2014 mit sechs Fachdidaktikern verschiedener Universitäten sowie sechs erfahrenen Seminarlehrkräften (Realschule) und zwei PCB-Multiplikatoren (Haupt-/Mittelschule) prä-pilotiert. Die Probanden wurden während der Testheftbearbeitung teilweise videografiert und zum sog. Lauten Denken aufgefordert. Durch die Prä-Pilotierung konnten Items modifiziert und reduziert sowie Distraktoren zur Schließung von offenen Items und Einschätzungen zur Augenscheinvalidität der Aufgaben gewonnen werden. Das modifizierte Testheft (19 Items CK, davon 12 offen; 14 Items PCK, alle offen) wurde von Februar bis Mai 2014 an einer gemischten Stichprobe (N = 75) pilotiert (40 % HS/MS-Lehrkräfte, 29 % RS-Lehrkräfte, 20 % Studierende, 10 % Universitätsbedienstete, 1 % GYM-Lehrkräfte). Das Lebensalter der Probanden lag zwischen 22 und 74 Jahren, die Spannweite der Berufserfahrung reichte von 0 bis 37 Jahre. Parallel zur Datenerhebung wurde ein Kodiermanual erstellt sowie Rater zur Auswertung der Testhefte geschult.
Die Pilotstudie ergab hinsichtlich der Augenscheinvalidität (vierstufige Skala, 1 = trifft nicht zu, 4 = trifft genau zu), dass sowohl die PCK-Aufgaben als auch die CK-Aufgaben als eindeutig gestellt eingeschätzt werden (Subskalen PCK: $3{,}56 \leq M \leq 3{,}66$; CK: $M = 3{,}67$) und aus Sicht der Lehrkräfte berufsrelevantes Wissen beinhalten (Subskalen PCK: $3{,}40 \leq M \leq 3{,}53$; CK: $M = 3{,}26$). Dass die erhobenen Inhalte im Lehramtsstudium/Referendariat berücksichtigt werden sollten, fand ebenfalls Zustimmung (Subskalen PCK: $3{,}37 \leq M \leq 3{,}53$; CK: $M = 3{,}31$). Erste Auswertungen bzgl. der Testleistung zeigen, dass für die Hauptstudie weder Decken- noch Bodeneffekte zu erwarten sind. Die Skalenreliabilitäten (Cronbachs Alpha) liegen bei .69 (PCK) und .88 (CK). Die Interraterreliabilitäten (Spearmans Rho) bzgl. der PCK-Items sind zufriedenstellend bis gut (Instruktion: .72 - .91, Schülerkognition: .71 - .86, Messen und Experimentieren: .86 - .96), die der offenen CK-Items liegen zwischen .63 und 1.0.

Ausblick

Das weitere Vorgehen sieht u. a. die Optimierung des Kodiermanuals, die Bestimmung der Itemschwierigkeiten und Trennschärfen sowie die Überprüfung der mittleren Testleistung zum PCK und CK vor. Darüber hinaus werden Zusammenhänge zwischen PCK und CK hergestellt und bzgl. der Forschungsfragen die Daten nach Subgruppen differenziert analysiert. Mit den durch die Pilotstudie gewonnenen Erkenntnissen sollen die bisherigen Aufgaben zu weiteren Teilgebieten der Physik hinsichtlich Instruktionstext und Vorstrukturierung der Antwortformate modifiziert und ergänzt werden. Die endgültige Testheftversion wird in einer Hauptstudie mit Haupt-/Mittelschul- und Realschullehrkräften eingesetzt werden. Eine Konstruktvalidierung des FALKO-Physik-Tests an Kontrastpopulationen (z. B. Fachphysiker, Mathematik- und Chemielehrkräfte) soll abschließend vorgenommen werden.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 9 (4), 469-520.

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. Münster: Waxmann, 29-54.

Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster: Waxmann.

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In: F. E. Weinert (Hrsg.), Psychologie des Unterrichtens und der Schule. Pädagogische Psychologie (Enzyklopädie der Psychologie), Göttingen: Hogrefe (3), 177-212.

Bromme, R. (2008). Lehrerexpertise. Teacher's Skills. In: W. Schneider, & M. Hasselhorn (Hrsg.), Handbuch der Pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe, 159-167.

Helmke, A. (2007). Unterrichtsqualität - erfassen, bewerten, verbessern. Seelze: Erhard Friedrich.

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

Krauss, S., Blum, W., Brunner, M., Neubrand, M., Baumert, J., Kunter, M., Besser, M., & Elsner, J. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In: M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann, 135-161.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2009). Lehrer. In: E. Wild, & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie. Heidelberg: Springer, 261-282.

Loewenberg Ball, D., Theule Lubienski, S., & Sprangler Mewborn, D. (2001). Research in Teaching Mathematics: The Unsolved Problem of Teachers' Mathematical Knowledge. In: V. Richardson (Ed.), Handbook of research on teaching. New York: Macmillan, 433-456.

Oelkers, J., & Reusser, K. (2008). Expertise: Qualität entwickeln - Standards sichern - mit Differenz umgehen. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Bildungsforschung, Bd. 27. Bonn, Berlin.

Paris, S. G., Lipson, M. Y., & Wixson, K. K. (1983). Becoming a Strategic Reader. In: Contemporary Educational Psychology 8, 293-316.

PCK-Summit 2012, http://pcksummit.bscs.org

Riese, J., & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. In: Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2 (1), 104-125.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57 (1), 1-22.

Heiko Krabbe Universität Duisburg-Essen
Hans E. Fischer

Leistungsentwicklung im Physikunterricht der gymnasialen Unterstufe

Ausgangslage

Das Projekt „Ganz In - Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW" (Berkemeyer et al., 2010) hat zum Ziel, durch die bedarfsorientierte Entwicklung von Ganztagsangeboten sowie die Verzahnung unterschiedlicher Lerngelegenheiten eine allgemeine Verbesserung der Schülerleistungen zu erreichen. Dabei soll insbesondere der Heterogenität der Schülerschaft durch unterstützende Förderangebote begegnet werden. Aufgabe der wissenschaftlichen Begleitforschung ist es, Schul- und Unterrichtsentwicklung durch Fortbildungsangebote zu begleiten (siehe Zander, Krabbe & Fischer, in diesem Band) und Erkenntnisse über wirksame Konzepte für zukünftige Schulentwicklungsarbeit an Ganztagsschulen nutzbar zu machen. Zu diesem Zweck wird in einer Längsschnittuntersuchung der Einfluss der veränderten Organisationsstruktur, Lernkultur und individuellen Förderung auf die Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Fächern, Deutsch, Englisch, Mathematik, Biologie, Chemie und Physik untersucht. Ergänzend wird der soziokulturelle Hintergrund, Unterrichtsqualität, Unterrichtsentwicklung und Organisationskultur durch Hintergrundfragebögen erfasst.

An dieser Stelle wird nur die Leistungsentwicklung im Fach Physik in Verbindung mit dem soziokulturellen Hintergrund betrachtet. Es stellen sich folgende Fragen:

- Wie lässt sich der Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler in Klasse 5 und in Klasse 7 charakterisieren?
- Welche Entwicklungsverläufe von Klasse 5 nach Klasse 7 kann man beobachten?
- Welche Zusammenhänge mit den Hintergrundvariablen lassen sich feststellen?

Design und Auswertung

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die geplanten bzw. bereits durchgeführten Erhebungen im Längsschnitt. Ausgewertet sind derzeit nur die Daten der ersten Kohorte für Klasse 5 und Klasse 7.

Tab. 1: Erhebungszeitpunkte und Stichproben

	9/10 2010	9/10 2012	9/10 2014	
Kohorte 1 N=3749	Klasse 5 N = 3244	Klasse 7 N = 2928	*Klasse 9*	
Kohorte 2		*Klasse 5*	*Klasse 7*	*Klasse 9*

In Klasse 5 und Klasse 7 der ersten Kohorte wurden jeweils ein Fachwissenstest mit 34 Multiple-Choice-Single-Select-Aufgaben durchgeführt, Basis für die Tests waren veröffentlichte Aufgaben von TIMSS (1995, 1999, 2003, 2007, 2011), dem PLUS-Projekt (Ohle, 2010), Aufgaben aus dem Längsschnitt zur Energie von Viering, Fischer & Neumann (2010) sowie Aufgaben, die in Anlehnung an die Forschung zu Schülervorstellungen (Müller, Wodzinski & Hopf, 2007) entwickelt wurden. Die abgedeckten Inhaltsfelder sind in Tabelle 2 angegeben. Die Aufgaben wurden zunächst für die beiden Messzeitpunkte separat Rasch-skaliert. Wegen unzureichender Trennschärfen (< .25) mussten 12 Items in Klasse 5 und 5 Items in Klasse 7 ausgeschlossen werden. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Items mit Bodeneffekten. Dadurch verblieben von den ursprünglich 13 identischen Aufgaben zwischen den Tests in Klassen 5 und 7 noch 6 Ankeraufgaben.

Tab. 2: Inhaltsgebiete und Kennwerte der Testaufgaben

	Items je Inhaltsgebiet	MNSQ	EAP/PV Reliabilität	Trennschärfe
Klasse 5	Elektrizitätslehre: 7, Magnetismus: 2 Wärmelehre: 8, Optik: 7, Energie: 6, Mechanik: 4.	[0.92; 1,05]	.59	[0.07; 0,43]
Klasse 7	Elektrizitätslehre: 6, Wärmelehre: 7, Optik: 7. Energie: 7, Mechanik:7.	[0.96; 1,07]	.65	[0.09; 0,27]

Ergebnisse

Mittels latenter Klassenanalysen konnten jeweils getrennt für Klasse 5 und 7 drei Klassen identifiziert werden (siehe Tabelle 3), die sich signifikant in der durchschnittlichen Personenfähigkeit unterschieden (siehe auch Krabbe & Fischer, 2012). Die Effektstärken der Gruppenunterschiede sind in Tabelle 3 angegeben.

Tab. 3: Gruppeneinteilung durch latente Klassenanalyse und Effektstärken der Gruppenunterschiede in der Personenfähigkeit. Der mittlere Leistungsstand wurde auf 500 mit Standardabweichung 100 normiert.

Gruppe	Klasse 5				Klasse 7			
	N	M_5	SD_5		N	M_7	SD_7	
1	1198 (36,9%)	593	64		951 (32,5 %)	604	56	
2	1092 (33,7%)	481	54	d_{12}=2.4*	1511 (51,6%)	478	51	d_{12}=1.9*
3	954 (29,4%)	403	70	d_{23}=2.0*	466 (15,9%)	360	67	d_{23}=1.2*
N	3244	500	100		2928	500	100	

Während Gruppe 1 im Anteil annähernd gleich groß geblieben ist, hat der Anteil von Gruppe 2 zugenommen. Die Gruppen wurden anhand der Aufgaben charakterisiert, die mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 50 % gelöst wurden (vgl. Krabbe & Fischer, 2014). Schülerinnen und Schüler konnten in Gruppe 3 im Wesentlichen nur in einfachen alltagsnahen Situationen physikalische Aussagen mit lebensweltlichen Erfahrungen verknüpfen, in Gruppe 2 zusätzlich physikalische Kenntnisse für Erklärungen und zur Lösung von Problemen nutzen und in Gruppe 1 unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung physikalischer Konzepte richtig einschätzen.

Tab. 4:Einfluss der Hintergrundvariablen auf den Leistungsstand in Klasse 5 und 7 (Effektstärke des Unterschieds relativ zu ‚bis 20000€' bzw. beide Eltern in Deutschland') und Lernzuwachs

	Klasse 5			Klasse 7			Lernzuwachs		
	N	%	d	N	%	D	N	%	d
Gesamt	3244			2928			2600		0.7
Ökonomisches Kapital									
bis 20000€	353	13,5		270	12,1		261	12,1	0.8
ab 20000€ bis 50000€	981	37,6	0.2*	833	37,4		807	37,3	0.8
ab 50000€	1275	48,9	0.3*	1127	50,5	0.2*	1095	50,6	0.7
Migrationshintergrund (Geburtsort)									
beide Eltern im Ausland									
Jugendlicher im Ausland	32	1,7	-0.4*	41	2,1		31	1,7	0.9
Jugendlicher in Deutschland	520	27,5	-0.3*	560	28,6	-0.3*	491	27,7	0.8
ein Elternteil im Ausland	235	12,4	-0.3*	255	13,0	-0.2*	217	12,2	0.7
beide Eltern in Deutschland	1103	58,4		1103	56,3		1034	58,3	0.7

Hinsichtlich der Hintergrundvariablen konnte kein Einfluss des Geschlechts und des kulturellen Kapitals (Bücher im Haushalt) auf die durchschnittliche Personenfähigkeit in Klasse 5 und 7 festgestellt werden, jedoch in Bezug auf das ökonomische Kapital und den

Migrationshintergrund (Tab. 4). Schülerinnen und Schüler aus einem Haushalt mit mehr als 20.000€ Bruttojahreseinkommen haben in Klasse 5 ein signifikant höheres Fachwissen als solche, die aus einem Haushalt mit weniger als 20.000€ Jahreseinkommen stammen ($d > 0.2$). Ebenso haben Schülerinnen und Schüler mit mindestens einem im Ausland geborenen Elternteil ein signifikant geringeres Fachwissen, als solche, bei denen beide Eltern aus Deutschland stammen ($d < -0.3$). In Klasse 7 verändert sich das Bild nur geringfügig. Es gibt einen signifikanten generellen Lernzuwachs von Klasse 5 nach Klasse 7 ($d = 0.7$), dessen Varianz sich zu 13 % aus dem Vorwissen in Klasse 5 erklärt. In Tabelle 4 wird deutlich, dass es beim Lernzuwachs keinen Unterschied hinsichtlich der Hintergrundvariablen gibt, d. h. die verschiedenen sozio-kulturellen Gruppen entwickeln sich parallel. Schließlich wurde der Lernzuwachs in unterschiedlichen Leistungsgruppen untersucht. Mit einer latenten Klassenanalyse über alle Aufgaben in Klasse 5 und Klasse 7 konnten vier Gruppen identifiziert werden (Tabelle 5). Starke und ganz schwache Schülerinnen und Schüler entwickeln sich nicht so stark weiter, wie die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler. Der negative Lernzuwachs in Gruppe „Verlerner“ scheint vor allem mit Inhalten verknüpft zu sein, die nicht Gegenstand des Unterrichts waren.

Tab. 5:Unterschiedliche Entwicklungsgruppen. Der mittlere Leistungsstand in Klasse 5 wurde auf 300 mit Standardabweichung 100 normiert.

Gruppe	N	M_5	SD_5	M_7	SD_7	$M=M_7-M_5$	*d*
Gesamt	2600	300	100	374	100	74	0.7
Stark	768 (30 %)	392	68	464	69	72	1.1
Lerner	1006 (39 %)	262	63	387	62	125	2.0
Verlerner	345 (13 %)	357	61	296	63	-61	-1.0
Schwach	481 (18 %)	192	73	257	70	65	0.9

Diskussion und Ausblick

Die erste Kohorte ist der Jahrgang, mit dem an den meisten Projektgymnasien auf den Ganztagsbetrieb umgestellt wurde. In diesem Jahrgang gelingt es den Schulen insgesamt (noch) nicht, Schülerinnen und Schüler mit besonderem Förderbedarf besser zu unterstützen und die Heterogenität zu mindern. Der Abstand der Gruppen nimmt aber auch nicht wesentlich zu. Es bleibt abzuwarten, ob der Befund für die 2. Kohorte besser ausfällt, wenn sich der Ganztagsbetrieb konsolidiert hat. Einzelne Projektschulen konnten die Heterogenität deutlich verringern. Wenn sich dies in der 2. Kohorte bestätigt, lassen sich dort möglicherweise gelungene Fördermodelle identifizieren.

Literatur

Berkemeyer, N., Bos, W., Holtappels, H. G., Meetz, F. & Rollett, W. (2010). "Ganz In": Das Ganztagsgymnasium in Nordrhein-Westfalen. In Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Heinz Günter Holtappels, Nele McElvany und Renate Schulz-Zander (Hrsg.), Jahrbuch der Schulentwicklung, Band 16. Daten, Beispiele und Perspektiven (S. 131-152). Weinheim: Juventa

Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2012). Fachwissen im Bereich Physik beim Übergang auf das Gymnasium. In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 563-565). Münster: LIT-Verlag.

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hg.) (2007). Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner

Ohle, A. (2010). Primary School Teachers Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching on Studens Achievements. Berlin: Logos.

TIMSS (1995, 1999, 2003, 2007). http://timss.bc.edu/ (3.4.2010)

Viering, T., Fischer, H. E., & Neumann, K. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. In E. Klieme (Ed.), Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Heft 2/2010 (S.Â 92-103). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Stephanie Trump Universität Potsdam
Andreas Borowski

Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II - Wie und Welche?

Eine Lücke in den Bildungsstandards der Physik der Sek II

Als Sprache der Physik spielt Mathematik eine zentrale Rolle sowohl beim Lernen der Physik als auch beim Lösen physikalischer Probleme. Schulstandards betonen dabei zwar die essentielle Bedeutung von Mathematik in Physik, geben jedoch keine detaillierten Informationen über die notwendige Mathematik oder die Art und Weise ihrer Verwendung an. Letzteres impliziert dabei vor allem notwendige sowie zu vermittelnde Fertigkeiten für einen flexiblen Umgang. Diese fehlenden Informationen sind jedoch von besonderem Interesse, da sie dazu beitragen, den bei Schülerinnen und Schülern vorhandenen Problemen hinsichtlich der Anwendung von Mathematik in Physik zielorientiert und interdisziplinär entgegenwirken zu können. Der vorliegende Beitrag stellt ein normatives Modell zur Beschreibung des mathematischen Modellierens beim Lösen physikalischer Problemstellungen sowie dessen Validierung anhand einer Think-aloud-Studie mit Experten vor.

Ein Modell zum mathematischen Modellieren in der Physik

Ein mathematisches Verständnis ist für das Lernen, Verstehen und Problemlösen in der Schulphysik aber auch Fachphysik als unabdinglich anzusehen (u. a. Uhden, 2012; Trump & Borowski, 2013). Insbesondere die Fähigkeit, ein Problem in ein mathematisches Modell zu überführen - als Mathematisierung bezeichnet (Blum, 2007) –, kann in diesem Zusammenhang als ein wesentlicher Teil der physikalischen Methodik und Erkenntnisgewinnung verstanden werden (u. a. Uhden, 2012; Krey & Mikelskis, 2009). Es zeigt sich, dass Mathematik in Physik jedoch einen eigenen Dialekt besitzt (siehe u. a. Trump & Borowski, 2013). Dies bedeutet, dass ein Mathematikunterricht mit den geforderten Zielen der KMK (2004) für einen flexiblen Umgang mit Mathematik nur sensibilisieren kann. Dem Physikunterricht selbst ist jedoch die Aufgabe zuzuschreiben, daran anzuknüpfen.

Auf Basis der Kognitionspsychologie hinsichtlich des Wahrnehmungsprozesses, des mathematikdidaktischen Modellierungskreislaufs von Borromeo Ferri (2011) und des physikdidaktischen Modellierungskreislaufs von Uhden (2012) wurde daher ein Modell entwickelt, dass die flexible Anwendung von Mathematik bei physikalischen Problemstellungen - speziell abgebildet in Physikaufgaben - der Sekundarstufe II beschreibt (vgl. Abb. 1). Eine mathematische Bearbeitung einer physikalischen Problemstellung in Form einer Aufgabe äußert sich dabei wie folgt: (1) Eine Situation, abgebildet in einem Text und/oder Bild, muss auf Basis des beim Individuum vorhandenen Wissens wahrgenommen und verstanden werden. Hierbei konstruiert er eine mentale Situations-Repräsentation, die den beschriebenen Sachverhalt in reduzierter Komplexität als inneren handlungsrelevanten Gegenstand darstellt. (2) Diese entwickelt sich in einem nächsten Schritt aufgrund der Fokussierung relevanter Aspekte auf Basis des physikalischen Wissens zu einer mentalen Problem-Repräsentation. Sie weist Lücken auf, die es mit Mathematik zu schließen gilt. Die Fokussierung führt zu einer Strukturierung und Idealisierung des Problems. (3) Im Anschluss daran werden diese Aspekte in eine mathematische Darstellung transformiert, innerhalb derer durch mathematisches Arbeiten (4) ein mathematisches Ergebnis generiert wird. (5) Dieses gilt es in Bezug auf die Situation bzw. das Problem zu interpretieren, indem es mit physikalischer Bedeutung beladen wird. Im Zuge dessen wird daher von „Physikalisieren“ gesprochen. Entspricht das erhaltene Ergebnis nicht den Erwartungen, gilt es dieses zu prüfen und zu kontrollieren (6).

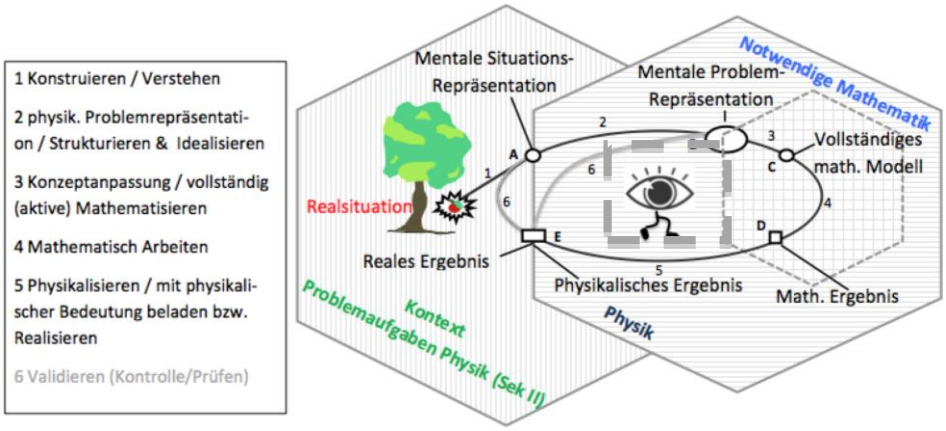


Abbildung 1: Problemlöseprozess zur Modellierung physikalischer Problemstellungen mit Mathematik (Hinweis: Die grauen Linien mit den Ziffern „6" sind Bestandteil des theoretisch entwickelten Modells vor der Modellvalidierung (vgl. Empirischen Teil). Diese sind aufgrund der Validierungsergebnisse durch das „beobachtende bewegte Auge" ersetzt worden.)

Folgenden Fragen wurde im Rahmen dieser Arbeit nachgegangen:
FF1: Inwieweit sind die Zustände des Modellierungskreislaufs in den Lösungen der Problemlöser rekonstruierbar?
FF2: Lässt sich in den Lösungen der Probanden ein signifikant häufiger Wechsel zwischen benachbarten Zuständen als zwischen nicht benachbarten Zuständen beobachten?

Stichprobe und Design
Zur Validierung des Modells wurden insgesamt N = 33 Expertenlösungen zu zwei verschiedenen physikalischen Problemstellungen (Sek II) mit der Think-aloud Methode erhoben und einer deduktiven Kategorienbildung (Mayring, 2010) unterzogen. Die Kategorien wurden auf Basis der Modellbeschreibung von Borromeo Ferri (2011) und Erkenntnissen der Kognitionspsychologie zum Wahrnehmungsprozess und zu mentalen Modellen (u. a. Johnson-Laird, 1983) entwickelt. Sie umschreiben jeden Zustand (A-E) durch mögliche Tätigkeiten der Probanden und wurden anhand von N = 10 Expertenlösungen (je 5 pro Aufgabe) ausgearbeitet. Um den Prozess des Validierens, also des erneuten Durchlaufens des Modells beobachten zu können, wurde ein Scheinzustand „F" hinter den Zustand „E" eingeführt. Als Problemstellungen wurden zwei Abituraufgaben, die verschiedene Aspekte der Anwendung von Mathematik (Mathematisierung und Interpretation) und damit auch verschiedene Herangehensweisen beim Lösen dieser abbilden, herangezogen. Kriterien, wie „zeitlicher Umfang", „keine mathematischen Routineaufgabe", „vorhandener Kontext" waren u. a. für die Auswahl bedeutend. Als Experten wurden Probanden mit einer umfassenden physikalischen Vorbildung gewählt (Physikdoktoranden), um einen Soll-Zustand eines flexiblen Umgangs mit Mathematik in Physik in dem Modell abbilden zu können. Der Ablauf der Erhebung kann bei Trump & Borowski (2013) nachgelesen werden.

Empirische Erkenntnisse
FF 1: Das Manual zur Rekonstruktion der Zustände des Kreislaufs zeigt für beide Aufgaben gute Interrater-Übereinstimmungen (κ = .73*; .75*). Die Zustände konnten somit in den Lösungen der Experten auf Basis dieses Manuals rekonstruiert werden.
FF 2: Abbildung 2 stellt die Zustandswechsel für beide Aufgabentypen dar. Es konnte festgestellt werden, dass für zwei sich in der Schrittfolge stark unterscheidende Aufgabentypen

(siehe Abb.2) benachbarte Zustandswechsel (umrandete Balken) signifikant häufiger zu beobachten waren als nicht benachbarte (einseitiger T-Test, abh. Stichprobe, $p<.001$, $d>1{,}89$). Die kreislaufartige Darstellung ist somit gerechtfertigt. Hinsichtlich der Kontrolle (Validierung) des Ergebnisses (kursiv, fett) wird weder Zustand A noch B präferiert. So können vielmehr alle Zustände Ausgangspunkt einer Validierung sein. Das Modell wurde daher modifiziert und ein beobachtendes Auge anstelle der Verbindungslinien „6“ eingefügt (vgl. Abb.2).

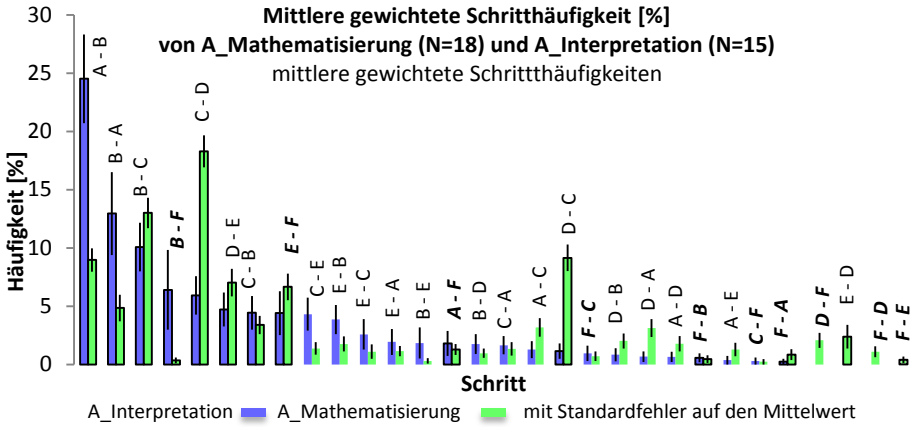


Abbildung 2: Auswertung der Schritt / Zustandswechsel für beide Aufgaben

Zusammenfassung und Ausblick

Das theoretisch entwickelte Modell zur Beschreibung eines flexiblen Umgangs mit Mathematik bei physikalischen Problemstellungen konnte bis auf die Phase der Kontrolle bzw. Prüfung (Validierung) erfolgreich empirisch nachgewiesen werden. Es besteht nun die Möglichkeit, Teilkompetenzen zum mathematischen Modellieren in der Physik zu benennen. Hierdurch wird ein Instrument bereit gestellt, auf dessen Basis Aufgaben konstruiert, SuS-Lösungen analysiert und Probleme diagnostiziert werden können.

Derzeit wird die Existenz der einzelnen Phasen anhand bestehender Physik-Abituraufgaben geprüft. Des Weiteren werden die nicht erfolgreichen Expertenlösungen untersucht, um weitere Hinweise für die Schwierigkeiten beim Mathematisieren zu erhalten (siehe Uhden, 2012).

Literatur

Blum, W. (2007). Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? In Beiträge zum Mathematikunterricht 2007b. Hildesheim: Franzbecker, S.3–12.

Borromeo Ferri, R. (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens: Kognitive Analysen von Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg und Teubner.

Johnson-Laird, P.N. (1983). Mental models. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

[KMK]. (2004). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Neuwied: Luchterhand.

Krey, U. & Mikelskis H. F. (2009): Zur Rolle der Mathematik in der Physik. In D. Höttecke (Ed.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009. Münster: Lit Verlag.

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

Trump, S. & Borowski, A. (2013): Notwendige Mathematik in der Physik (Sek II). In: S. Bernholt (Hrsg.) Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. S. 590 – 592. Berlin: Lit., Pdf. unter: http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band33.pdf; (10/2013).

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos Verlag.

Peter Labudde
Pädagogische Hochschule
Fachhochschule Nordwestschweiz

Formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen

Das forschend-entdeckende Lernen (inquiry-based learning IBL) genießt national und international einen hohen Stellenwert in Lehrplänen und Bildungsstandards, in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen, in Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Dem Diskurs in der Scientific Community folgend: „[IBL] includes students' involvement in questioning, reasoning, searching for relevant documents, observing, conjecturing, data gathering and interpreting, investigative practical work and collaborative discussions, and working with problems from and applicable to real-life contexts" (Anderson, 2002; Bernholt et al., 2013, S.7;). Höttecke (2010, S. 5) präzisiert und definiert IBL auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler: „Die Lernenden gehen von (selbst) gestellten naturwissenschaftlichen Fragen oder Problemen aus. Sie explorieren Probleme oder Phänomenbereiche, entwickeln und planen auf dieser Basis eigene Untersuchungen, führen Beobachtungen und Experimente durch, stellen Messergebnisse sachgerecht dar, analysieren und diskutieren sie und erschließen weitere Informationsquellen. Sie erklären Phänomene und lösen Probleme im Lichte bereits bekannten Wissens und selbst generierter Evidenz. Sie treffen begründete Vorhersagen und kommunizieren über ihre oft unterschiedlichen Vorgehensweisen und Resultate. Sie generieren und präzisieren neue Fragen oder Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren."

Auf nationaler Ebene bildet forschend-entdeckendes Lernen einen Eckpfeiler in naturwissenschaftlichen Bildungsstandards und Lehrplänen. So umfassen die Schweizer „Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften – Nationale Bildungsstandards" (EDK, 2011) zum einen Handlungsaspekte wie „Fragen und untersuchen" bzw. „Entwickeln und umsetzen", zum anderen Lerngelegenheiten mit jeweils starken Bezügen zum forschend-entdeckenden Lernen. Auf internationaler Ebene betonen das Konzept der Scientific Literacy in PISA (OECD, 2006) sowie der für die naturwissenschaftliche Bildung in Europa wegweisende Roccard-Bericht (Europäische Kommission, 2007) die Bedeutung des inquiry-based learning. So fokussieren denn auch zahlreiche EU-Projekte auf IBL, z. B. INQUIRE, PARSEL, Fibonacci, PRIMAS oder PROFILES. Im Zentrum der meisten Projekte stehen die Entwicklung von Unterrichtseinheiten, die Weiterbildung von Lehrkräften und die internationale Vernetzung.

Zu den Schwierigkeiten eines Unterrichts mit IBL zählen die summative und vor allem die formative Beurteilung der Lernenden. Hier setzen denn auch zwei EU-Projekte mit dem Fokus Beurteilung an: ASSIST-ME (Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education, http://assistme.ku.dk, 2013-2016) und SAILS (Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science, www.sails-project.eu, 2012-2015). Die folgenden Symposiumsbeiträge basieren auf diesen beiden Projekten. In ASSIST-ME lautet die Definition für formative Beurteilung: „Formative assessment is 'assessment for learning' that aims at supporting and improving student learning as it takes place. It has to be designed to support all of the phases of inquiry-based learning as set out in the explanations given above. It is classroom-based, can be at individual or group level as well as criterion referenced. It has a procedural character and can be implemented in many ways: as students conduct activities, they may be helped by immediate questions and suggestions to challenge their thinking. On a longer time-scale, data on the achievements made may be collected and interpreted in relation to achievement goals and assessed in the light of student-based

criteria. Such data may both indicate the feedback which could be given to help students, individually or collectively, to enhance the learning already achieved, and may also be used to inform decisions about how to reach the next learning steps through the design of new student activities. At all stages there is feedback from teacher to student and from student to teacher (and from student to student into the teaching-learning process). Formative assessment thus has the function of individual and group support but at the same time gives students an active role in all steps of the assessment process." (Rönnebeck & Ropohl, 2014).

Im Symposium werden im ersten Beitrag von ASSIST-ME die Ergebnisse eines systematischen Literatur-Reviews zur formativen Beurteilung präsentiert. Im zweiten und dritten Beitrag, der eine aus SAILS, der andere aus ASSIST-ME, geht es um die konkrete Nutzung von Schülerdaten zur Lernstandserhebung und um Rückmeldeformate. Diskutiert werden Entwicklung, Implementation und erste Evaluationen.

Literatur

Anderson, R. (2002) Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 1-12

Bernholt, S., Rönnebeck, S., Ropohl, M., Köller, O., & Parchmann, I. (2013). Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM - Part I. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. http://assistme.ku.dk/report_series/no1/

EDK (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften – Nationale Bildungsstandards. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren

European Commission (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht: Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 119, 4-14

OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development

Rönnebeck, S., & Ropohl, M. (2014). Definitions of "inquiry-based education in science, technology and mathematics education" within the ASSIST-ME project. In R. Grob, A. Beerenwinkel, M. Haselhofer, M. Holmeier, C. Stübi, O. Tsivitanidou, & P. Labudde, (2014). Description of the ASSIST-ME assessment methods and competences (Deliverable D.4.7). Basel: University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, S. 6

Mathias Ropohl IPN Kiel
Silke Rönnebeck
Sascha Bernholt

Ergebnisse eines Literatur-Reviews zur formativen Beurteilung

Für eine nachhaltige Umsetzung komplexer Unterrichtsansätze wie dem forschenden Lernen sind eine hohe Passung von Unterrichts- und Prüfungszielen sowie eine Passung von Zielen und Diagnoseinstrumenten erforderlich. Derzeit wird vermutet, dass diese Passung im Unterricht vieler EU-Staaten nicht gegeben ist (z. B. Rocard et al., 2007). Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts ASSIST-ME werden daher entsprechende Diagnosemethoden entwickelt und evaluiert. Zunächst wurde ein Literatur-Review durchgeführt. Ziel des Reviews war die Zusammenfassung des Forschungsstandes bezüglich diverser Diagnosemethoden zur Messung von Kompetenzen des forschenden Lernens. Nachfolgend werden die beiden zentralen Konstrukte skizziert: das forschende Lernen und die formative Diagnose. Anschließend werden die Methoden des Reviews sowie ausgewählte Befunde berichtet.

Forschendes Lernen

In den Naturwissenschaften umfasst der Prozess des forschenden Lernens verschiedene Prozessschritte, bei denen unterschiedliche Kompetenzen nötig sind, z. B. das Identifizieren von Fragestellungen, das Planen und Durchführen von Experimenten, das Aufstellen und Nutzen von Modellen oder das Argumentieren (z. B. Abd-El-Khalick et al., 2004; Linn, Davis, & Bell, 2004). Zusätzlich müssen Schülerinnen und Schüler bei allen Schritten des Prozesses und folglich in verschiedenen Situationen adressatengerecht kommunizieren. Insgesamt lässt sich forschendes Lernen damit als eine Unterrichtskonzeption charakterisieren, die den Lehr-Lern-Prozess forschungsähnlich gestaltet (z. B. Höttecke, 2010).

Formative Diagnose

Der Prozess der formativen Diagnose hat zum Ziel, die Stärken und Schwächen der Schülerinnen und Schüler zu identifizieren und individuelle Rückmeldungen zur Erreichung der angestrebten Kompetenzen zu geben (Black & Wiliam, 1998). Dabei sind aus Schülersicht drei Aspekte von Bedeutung: 1) die Formulierung von Kompetenzerwartungen, 2) die Diagnose des aktuellen Kompetenzstandes und 3) das Aufzeigen der nächsten Lernschritte (Sadler, 1998). Um dies zu realisieren, müssen zunächst Informationen zum Lernstand anhand von Diagnosemethoden erhoben und anhand von Bewertungsschemata ausgewertet werden. Abschließend müssen die Informationen den Schülerinnen und Schülern im Sinne eines elaborierten Feedbacks rückgemeldet werden (Harlen, 2005).

Fragestellungen

Gerade die Breite unterschiedlicher Kompetenzen, die beim forschenden Lernen adressiert werden, erschwert die Kompetenzdiagnose während des Lernprozesses. Ein Ziel des Reviews war es daher, Befunde bezüglich formativer Diagnose zusammenzustellen. Der Literatursuche lagen die folgenden Fragen zugrunde:

- Welche Kompetenzen forschenden Lernens wurden in empirischen Studien untersucht?
- Welche formativen Diagnosemethoden wurden für den Einsatz beim forschenden Lernen analysiert und validiert?

Methode und Datengrundlage

Zur Beantwortung der beiden Fragen wurden verschiedene Suchstrategien angewendet: Suche in Datenbanken, Suche in relevanten Zeitschriften und Suche in Literaturverzeich-

nissen. Grundlage für die Suche war die Definition von Suchbegriffen, welche durch Expertendiskussionen festgelegt wurden.
Nach Anwendung verschiedener Auswahlkriterien verblieben N = 113 Publikationen als Grundlage für das Review. In diesen 113 Publikationen gibt es eine explizite Verknüpfung von forschendem Lernen und Diagnosemethoden. Allerdings werden nur in N = 13 Publikationen die Analyse und Validierung von Methoden formativer Diagnose dargestellt. Die anderen Publikationen adressieren Methoden summativer Diagnose.

Befunde zum konzeptuellen Verständnis forschenden Lernens
Ein Ziel dieses Reviews war die Analyse der Passung zwischen den in der Lernumgebung geforderten Kompetenzen und den im Rahmen der Diagnose erhobenen Kompetenzen. In diese Analyse wurden alle gefundenen Publikationen einbezogen.
Passung zwischen Lernumgebung und Diagnosemethode
Im Hinblick auf die Lernumgebung wurden das Argumentieren, das Kommunizieren, das Analysieren von Daten sowie das Planen von Untersuchungen häufig untersucht. Sehr selten standen die Kompetenzen Suchen von Informationen und Arbeiten mit Modellen im Fokus.
Im Hinblick auf die Diagnose wurden häufig das konzeptuelle Wissen, das Argumentieren sowie das Kommunizieren anhand verschiedener Methoden erfasst. Selten wurden wiederum die Kompetenzen Suchen von Informationen und Arbeiten mit Modellen untersucht.
Es fällt auf, dass insbesondere das Argumentieren sowohl Teil der Lernumgebung ist als auch im Fokus der Diagnose steht. Für die meisten anderen Kompetenzen des forschenden Lernens werden selten alle Kompetenzen auch gemessen, die in der Lernumgebung gefördert werden.
Identifizieren von Fragestellungen
Insgesamt gibt es im Hinblick auf die Unterrichtskonzeption des forschenden Lernens drei große Untersuchungsbereiche, die in Beziehung zueinander stehen:
- das Identifizieren von Forschungsfragen (generieren, klassifizieren),
- das Stellen von Fragen im Zusammenhang mit Problemlöseprozessen und
- das Stellen von Inhalts- oder ‚Wonderment'-Fragen.

Diese Kompetenz wurde häufig im Zusammenhang mit dem Suchen von Informationen untersucht oder auch im Zusammenhang mit dem Schritt Argumentieren.
In Abhängigkeit vom Untersuchungsbereich werden bei der Diagnose z. B. die Quantität und/oder Qualität der Fragen der Schülerinnen und Schüler analysiert. Dabei stehen die Anzahl, die Komplexität, die Zielgerichtetheit oder die Relevanz im Mittelpunkt. Ferner wurde die Beziehung zwischen dem Fragenstellen und dem Argumentieren untersucht.
Generell wirkt sich Unterricht nach dem forschenden Lernen positiv auf die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, Fragen zu stellen, aus (z. B. Dori & Herscovitz, 1999). Das Stellen von Fragen fördert die Entstehung eines argumentativen Diskurses im Unterricht (z. B. Cavagnetto, Hand, & Norton-Meier, 2010). Wenn innerhalb einer Lernumgebung nach dem forschenden Lernen ein Fokus auf dem Stellen von Fragen liegt, dann führt dies zu Lernzuwächsen im Bereich des konzeptuellen Wissens (Wilson, Taylor, Kowalski, & Carlson, 2010).

Befunde zur konzeptionellen Umsetzung formativer Diagnose
Im Fokus der Forschung steht die schriftliche Diagnose anhand von halboffenen und offenen Aufgabenformaten sowie anhand von selbsterstellten Dokumentationen der Schülerinnen und Schüler. Als Beispiel für solch eine Dokumentation können Laborjournale genannt werden (z. B. Aschbacher & Alonzo, 2006). Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Analyse von sogenannten ‚assessment conversations' (z. B. Ruiz-Primo & Furtak, 2007).
In allen Publikationen werden für die Bewertung des aktuellen Lernstandes der Schülerinnen und Schüler sogenannte Rubrics, sprich Bewertungssysteme, eingesetzt. Hier liegen

Beispiele für diverse Aufgabenformate und insbesondere für die Kompetenz des Argumentierens vor.
In den herangezogenen Publikationen wurde der Einfluss der Lernzieltransparenz sowie der aktiven Beteiligung der Schülerinnen und Schüler beim Prozess der formativen Diagnose kaum untersucht. Auffällig ist ebenfalls, dass Rückmeldungen nicht in allen Untersuchungen Teil der formativen Diagnose sind. Wenn Rückmeldungen beschrieben werden, sind diese unterschiedlich elaboriert. Nur selten werden Informationen zu den Kompetenzerwartungen oder zu möglichen nächsten Arbeitsschritten gegeben. In diesen Fällen beschränkt sich die Rückmeldung auf Informationen zum aktuellen Lernstand.

Forschungsdesiderata
Insgesamt zeigen die Ergebnisse des Reviews, dass die verschiedenen Kompetenzen des forschenden Lernens unterschiedlich häufig und in unterschiedlichen Kombinationen untersucht wurden und dass die angestrebten Kompetenzen häufig nicht direkt erfasst wurden. Häufig wird die Wirksamkeit dieser Unterrichtskonzeption anhand des Konstrukts ‚Wissen' gemessen. Darin wird ein erstes Desiderat gesehen. Zukünftig sollten Diagnose-methoden z. B. zur Messung der Kompetenzen ‚Informationen suchen' sowie ‚mit Modellen arbeiten' entwickelt und evaluiert werden.
Bei der Kompetenzmessung im Rahmen forschenden Lernens sollte grundsätzlich ein stärkerer Fokus auf die formative Diagnose gelegt werden. Diese sollte den prozessartigen und lernbegleitenden Charakter stärker berücksichtigen. Im Sinne eines zweiten Desiderats wird Forschungsbedarf für die Entwicklung formativer Diagnosemethoden gesehen.

Literatur

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R. A., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. Science Education, 88(3), 397–419.

Aschbacher, P., & Alonzo, A. (2006). Examining the Utility of Elementary Science Notebooks for Formative Assessment Purposes. Educational Assessment, 11(3 & 4), 179–203.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5(1), 7–74.

Cavagnetto, A., Hand, B. M., & Norton-Meier, L. (2010). The Nature of Elementary Student Science Discourse in the Context of the Science Writing Heuristic Approach. International Journal of Science Education, 32(4), 427–449.

Dori, Y. J., & Herscovitz, O. (1999). Question-posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. Journal of Research in Science Teaching, 36(4), 411–430.

Harlen, W. (2005). Teachers' summative practices and assessment for learning – tensions and synergies. Curriculum Journal, 16(2), 207–223.

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht: Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 21(119), 4–12.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). (2004). Internet Environments for Science Education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Luxemburg.

Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2007). Exploring Teachers' Informal Formative Assessment Practices and Students' Understanding in the Context of Scientific Inquiry. Journal of Research in Science Teaching, 44(1), 57–84.

Sadler, D. R. (1998). Formative Assessment: Revisiting the Territory. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5(1), 77–84.

Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. Journal of Research in Science Teaching, 47(3), 276–301.

Gunnar Friege Universität Hannover
Maximilian Barth

Das EU-Projekt SAILS
Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science

Ziele und Projektablauf des EU-Projekts SAILS

SAILS (2014) ist ein von der Europäischen Union im Rahmen des *Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration* gefördertes Projekt (grant agreement no. 289085). Das SAILS-Konsortium besteht aus 14 Partnerorganisationen einschließlich Universitäten (Dublin City University, Irland; Univerzita Pavla Jozefa Safárika v Kosiciach, Slowakei; University of Szeged, Ungarn; University of Southern Denmark, Dänemark; University of Piraeus Research Centre, Griechenland; Malmö University, Schweden; Kristianstad University, Schweden; King's College London, Großbritannien; Jagiellonian University, Polen; Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Portugal; Hacettepe University, Türkei; Leibniz Universität Hannover, Deutschland) und zwei Firmen (Audiovisual Technologies, Informatics & Telecommunications, Belgien und INTEL Research and Innovation Ireland Limited, Irland). Die Stärke dieses Konsortiums liegt in seiner Expertise in den Bereichen der Naturwissenschaftsdidaktik, der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften, der Materialentwicklung im Bereich forschend-entdeckendes Lernen und der Lernerfolgsmessung.

Das SAILS-Projekt reiht sich ein in die Vielzahl von Projekten zum Inquiry Learning / Forschenden Lernen, die im 7. Rahmenprogramm der EU gefördert wurden und werden (z. B. Primas, Establish, S-Team, Inquire, Pathway, …). Der besondere Schwerpunkt von SAILS besteht in der Integration von Strategien zur formativen Beurteilung (formative assessment) in Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen.
Die *Ziele des Projekts* sind im Einzelnen:

- Förderung von Inquiry based science education / Unterricht zum Forschenden Lernen durch a) Verwendung, Adaption und Weiterentwicklung vorhandener Unterrichtseinheiten und b) Kooperationsprojekte / Fortbildungen / Lehrveranstaltungen für erfahrene Lehrkräfte und Lehrkräfte in der Ausbildung (Studierende u. Referendare). [Ziel 1]
- Entwicklung und Erprobung von Strategien zur formativen Beurteilung [Ziel 2]
- Streuung von Ergebnissen (u. a. Best-Pratice-Beispiele) [Ziel 3]

Der *Projektablauf* sieht die Zusammenarbeit von Fachdidaktikern mit drei Lehrergruppen aus erfahrenen Lehrkräften und Lehrkräften in der Ausbildung vor, die jeweils zeitlich um ein Jahr versetzt beginnen (siehe Abb. 1). Der Austausch zwischen diesen Gruppen wird durch gemeinsame Treffen angestrebt.

In halbtägigen oder ein- bis zweitägigen Workshops arbeiten Lehrkräfte und Fachdidaktiker an einzelnen Unterrichtsbeispielen oder ganzen Unterrichtseinheiten zum forschend-entdeckenden Lernen. Während im ersten Projektjahr (2013) der Schwerpunkt dieser Workshops auf einer Erprobung und Adaption bereits vorhandener Unterrichtseinheiten oder der Weiterentwicklung eigener Unterrichtsideen lag, wurde im Folgejahr darauf aufgebaut und vermehrt an der Integration geeigneter Verfahren zum formative assessment gearbeitet. Die in diesem Jahr startende Lehrergruppe setzt von Beginn an Unterrichtseinheiten ein, die Elemente des formative assessments beinhalten. Die erarbeiteten Materialien einer jeden Lehrergruppe werden im Anschluss in der Schule erprobt und auf einer Internetplattform

(Community of Practice) für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Projekts bereitgestellt.

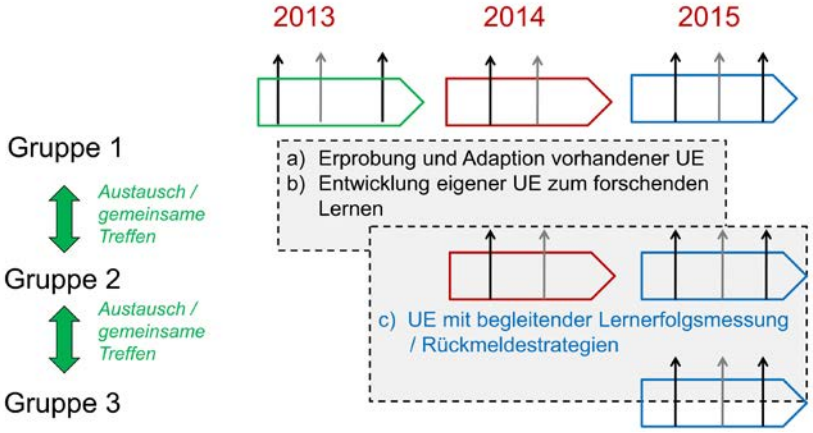


Abb. 1: Graphische Darstellung des Projektablaufs

Beispiele aus den SAILS –Projekt in Deutschland

Die Umsetzung der Projektziele unterscheidet sich in Details zwischen den einzelnen Partnerländern in SAILS, wobei Rahmen, Kernelemente etc. verbindlich vereinbart wurden. Im Folgenden wird ein Einblick in das SAILS-Projekt in Deutschland gegeben.

Wie im Projekt Physik im Kontext (Duit & Mikelskis-Seifert, 2012) ist die Art der Zusammenarbeit zwischen Fachdidaktikern und erfahrenen Lehrkräfte symbiotisch angelegt, d. h. es handelt sich um ein Kooperationsprojekt und weniger um ein klassisches Fortbildungsprojekt. Erreicht werden soll dies über mehrere direkte Treffen zum Austausch und zur Entwicklung von Unterricht und Möglichkeiten des Austausches über eine Internet-Plattform mit einem öffentlichem und einem geschützten, internen Bereich.

Die Grundlage für das Projektziel 1, Verwendung, Adaption und Weiterentwicklung vorhandener Unterrichtseinheiten, ist u. a. durch die Vielzahl abgeschlossener EU-Projekt zum Forschenden Lernen umfangreich. Bei jedem Treffen werden entsprechend Beispiele inkl. der praktischen Erprobung von Experimenten vorgestellt und diskutiert. Eine Erfahrung aus den Kooperationstreffen ist allerdings, dass die Lehrkräfte eigene Ideen mitbringen oder neue Ideen während der Workshops im Team entwickeln und an deren Umsetzung arbeiten möchten. So entstanden eine Reihe von Unterrichtseinheiten und –ideen speziell für den deutschen Physikunterricht (z. B. „Schnelligkeit einer Propellerspitze“, „Optimierung einer Camera Obscura“, …). Ein Teil der Lehrer konnte auf der SMEC Konferenz 2014 (SMEC, 2014) die entwickelten Materialien einer internationalen Gruppe aus Fachdidaktiker und Lehrkräften präsentieren (u. a. Projektziel 3).

Für die Implementation der Strategien des formative assessment (Projektziel 2) werden a) in internationalen Teams sogenannte SAILS-Units erstellt und b) auf nationaler Ebene Methoden des formative assessment in den Unterrichtseinheiten integriert.

- Ad a) Die SAILS-Units bestehen jeweils aus einer „draft unit“ mit Aktivitäten zum Forschenden Lernen und Vorschlägen zum formative assessment und einer Reihe von Fallstudien aus verschiedenen Partnerländern, in denen die länderspezifische Adaption und die Strategien des formative assesments (inkl. von rubrics) dargelegt werden. Die SAILS-Units stellen ein Ergebnis des Projekts dar (Projektziel 3).

- Ad b) In den Workshops werden stets auch Methoden zur Lernerfolgsmessung vorgestellt (z. B. flash-cards oder the muddiest point). Eine Methode, die zu einer besonderen Resonanz unter den Lehrkräften geführt hat, nutzt sogenannte Ampelbecher (Colored Cups, 2014): Die Methode erlaubt Schülerinnen und Schülern während einer Gruppenarbeitsphase (z. B. der Durchführung einer experimentellen Untersuchung) eine Rückmeldung an die Lehrperson zu geben, inwiefern Hilfestellungen zur Bearbeitung der Frage- oder Problemstellung erforderlich sind (Abbildung 2). Der Lehrperson wird somit ermöglicht, während des Arbeitsprozesses der Schülerinnen und Schüler zielgerichtet und fokussiert eine Rückmeldung geben zu können. Inzwischen sind mehr als 2000 dieser Becher im Physikunterricht im Einsatz und erste Rückmeldungen liegen vor; über sie wird an anderer Stelle berichtet.

Abb. 2: „Ampel-Becher- Methode" als Instrument zum formative assessment (oben: abstrakt, unten: Becher im realen Einsatz)

Ausblick

Die Förderung des Projekts SAILS endet in eineinhalb Jahren. Die genannten Ziele des Projekt werden weiterhin verfolgt, wobei sich der Schwerpunkt von der Entwicklung neuer Einheiten (Ziel 1) hin zur Erprobung von Strategien des formative assessments (Ziel 2) und der Dissemination der Ergebnisse (Ziel 3) verschiebt. Dazu werden aktuell systematisch weitere Fallstudien durchgeführt und Veröffentlichungen vorbereitet. Die Fortführung einer – zumindest lokalen – Community of Practice im Sinne einer längerfristigen Kooperation Schule – Universität wird angestrebt.

Literatur

SAILS (2014). Homepage des SAILS-Projektes: http://www.sails-project.eu (Stand: 13.10.2014)

Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.)(2012). Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. 2. Auflage. Seelze: Friedrich Verlag.

SMEC (2014). Homepage der SMEC-Konferenzen http://www.dcu.ie/smec/ (Stand: 10.10.2014)

Colored Cups (2014). Homepage des West Virginia Department of Education: http://wvde.state.wv.us/teach21/documents/ColoredCups.doc (Stand: 20.05.2014)

This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research technological development and demonstration under grant agreement no 289085.

Regula Grob
Peter Labudde

PH FHNW Pädagogische Hochschule,
Fachhochschule Nordwestschweiz

Methoden für die formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen

Ein Ziel des EU-Projekts ASSIST-ME ist es, Methoden zur formativen Schülerbeurteilung ("formative assessment") beim forschend-entdeckenden Lernen ("inquiry-based learning") zu entwickeln. Basis dafür ist der im ersten Beitrag des Symposiums vorgestellte Literatur - Review (Ropohl et al., 2014). Im vorliegenden Kapitel werden die im Projekt erarbeiteten Beurteilungsmethoden vorgestellt.

Projektübersicht
Das Akronym "ASSIST-ME" steht für Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education. Unter der Leitung der Universität Kopenhagen arbeiten neun europäische Universitäten sowie der britische Verlag Pearson zusammen. Aus dem deutschsprachigen Raum sind das IPN Kiel sowie die PH FHNW vertreten. Die Laufzeit des Projekts beträgt vier Jahre (Januar 2013 bis Dezember 2016).

ASSIST-ME verfolgt zwei Hauptziele (Dolin, 2012): Zum einen die Entwicklung und Implementierung von formativen und summativen Beurteilungsmethoden im forschend-entdeckenden Lernen im Naturwissenschafts-, Technik- und Mathematikunterricht in den Klassenstufen 1-13. Das zweite Projektziel ist die Ausarbeitung von Richtlinien und Empfehlungen für Entscheidungsträger in den verschiedenen europäischen Bildungssystemen, wie formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen vermehrt in der Unterrichtspraxis eingesetzt werden könnte.

Im Entwicklungsteil des Projekts erarbeitete Materialien
Aus der Literaturrecherche im ersten Teil des Projekts ging hervor, dass formative Beurteilung oft als Kreislauf beschrieben wird: aus Datenerhebung zum Lernstand der Schülerinnen und Schüler, Vergleich des Lernstandes mit Kompetenzstufen, Qualitätskriterien, oder Ähnlichem, einer Festlegung der nächsten Lernschritte und schließlich via einer veränderten oder neuen Aufgabenstellung zurück zur Datenerhebung (siehe z. B. Harlen, 2012; Klieme & Harks, 2013). Auf der Basis dieses Kreislaufs wurde ein Modell entwickelt, in dem die verschiedenen Schritte einer formativen Beurteilung vereinfacht dargestellt sind (vgl. Abb. 1).

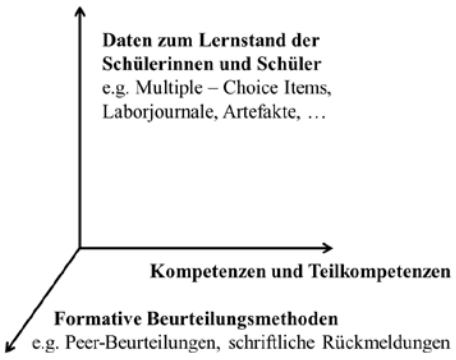


Abb. 1: Modell mit den verschiedenen Elementen von formativer Beurteilung.

Die Achse mit den formativen Beurteilungsmethoden fasst verschiedene Möglichkeiten zusammen, mit der Schülerin oder dem Schüler zusammen über die nächsten Lernschritte zu entscheiden. Diese Möglichkeiten wurden in ASSIST-ME zu vier Gruppen zusammengefasst:

- *On-the-fly Beurteilungen* (Ruiz-Primo & Furtak, 2004; Ruiz-Primo & Furtak, 2006): Die Lehrperson nimmt Bemerkungen oder beobachtete Aktionen von Schülerinnen oder Schülern auf und reagiert spontan darauf.
- *Schriftliche Rückmeldungen:* Diese Gruppe beinhaltet sowohl den formativen Gebrauch von Beurteilungsrastern (Smit & Birri, 2014) wie auch offene schriftliche Kommentare durch die Lehrperson (Black & Harrison, 2004).
- *Selbst- und Peer-Beurteilungen:* Der Grundgedanke hier ist, dass die Schülerinnen und Schüler über ihre eigene Arbeit reflektieren oder zur Arbeit von Mitschülerinnen oder Mitschülern Feedback geben.
- *Offene und strukturierte Diskussionen in der ganzen Klasse:* Während offene Diskussionen (Black & Harrison, 2004) überwiegend durch die Inhalte geprägt werden, sind strukturierte Diskussionen beispielsweise formal in definierte Abschnitte unterteilt oder die Schülerinnen und Schüler nehmen Rollen ein (Christensen, 2004).

Die Achse mit den Kompetenzen macht die Kompetenzorientierung des Projekts bewusst. Für das Projekt wurden Kompetenzen ausgewählt, welche die Projektpartner als zentral für das forschend-entdeckende Lernen einstufen. Es wird in fachspezifische und fächerübergreifende Kompetenzbereiche gegliedert:

- *Experimentieren und Untersuchen in den naturwissenschaftlichen Fächern:* mit Teilkompetenzen zur Vorbereitung, zur Umsetzung und zur Auswertung von Experimenten und Untersuchungen sowie zum Kommunizieren.
- *Problemlösen im Mathematikunterricht:* mit Teilkompetenzen zur Vorbereitung, zur Umsetzung und zur Auswertung von mathematischen Problemlöse-Prozessen sowie zum Kommunizieren.
- *Konstruieren im Technikunterricht:* mit Teilkompetenzen zur Vorbereitung, zur Umsetzung und zur Auswertung von Konstruktionsaufgaben im Technikunterricht sowie zum Kommunizieren.
- *Argumentieren (in allen Fachbereichen):* mit praktischen Teilkompetenzen wie Argumente entwickeln sowie Teilkompetenzen auf der Metaebene.
- *Mit Modellen arbeiten (in allen Fachbereichen):* mit praktischen Teilkompetenzen wie Modelle vergleichen sowie Teilkompetenzen auf der Metaebene.
- *Innovativ denken und handeln (in allen Fachbereichen):* mit praktischen Teilkompetenzen wie kreativ sein, mit anderen zusammenarbeiten, strukturiert planen und Ähnlichen.

Lehrpersonen, die formative Beurteilung in ihren Unterricht integrieren möchten, wählen je nach Unterrichtseinheit eine passende Kombination von "Daten zum Lernstand der Schülerinnen und Schüler", von "Kompetenzen und Teilkompetenzen" sowie einer "formativen Beurteilungsmethode" aus. Im Projekt ASSIST-ME wurden ebenfalls paradigmatische Beispiele von Unterrichtseinheiten entwickelt. Diese Beispiele illustrieren die konkrete Umsetzung einzelner Kompetenzbereiche und formativer Beurteilungsmethoden. Eines dieser Beispiele wird in den nächsten Abschnitten vorgestellt.

Ein konkretes Beispiel zur Implementation formativer Beurteilungsverfahren

Das Beispiel bezieht sich auf eine Unterrichtseinheit in Elektrizitätslehre auf Sekundarstufe I. Das Ohm'sche Gesetz wurde bereits in einer der vorhergehenden Lektionen eingeführt, jetzt sollen die Schülerinnen und Schüler dieses experimentell überprüfen. Sie erhalten die nötigen Geräte (Spannungsquelle, Widerstände, Messgeräte, etc.), aber keine Anleitung, wie

vorzugehen ist. Sie haben die Anweisung, ihre Messungen im Laborheft zu dokumentieren. Bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Aufgabe fertig sind, werden sie unterbrochen und tauschen die Laborhefte mit einer Kollegin oder einem Kollegen aus. Die Kollegin / der Kollege versucht die Aufzeichnungen im Laborheft nachzuvollziehen (beispielsweise, indem sie / er die Resultate grafisch darstellt, oder indem sie / er mit den Messdaten zu rechnen versucht). Auf Grund dieser Erfahrungen geben sich die beiden Schülerinnen / Schüler mündliches Feedback zum experimentellen Design sowie zur Dokumentation der Messresultate. Das Feedback ist durch konkrete Beurteilungskriterien vorstrukturiert. Nach der Feedback-Runde überlegen sich die Schülerinnen und Schüler, wie sie ihren Messaufbau und die Dokumentation ihrer Resultate verbessern könnten und arbeiten an der Aufgabe weiter.

In diesem Beispiel sind alle drei Achsen des Systems zur formativen Beurteilung von Abbildung 1 integriert: Die Daten zum Lernstand der Schülerinnen und Schüler stammen aus den Laborheften, bei den Teilkompetenzen geht es um das Vorbereiten und Umsetzen von Experimenten und die Beurteilungsmethode zum Festlegen der nächsten Lernschritte ist Peer-Beurteilung.

Ausblick

Im Projekt ASSIST-ME sind die Literaturrecherche und der Entwicklungsteil abgeschlossen. In den nächsten 15 Monaten implementieren Lehrpersonen in den Partnerländern von ASSIST-ME die entwickelten Beurteilungsmethoden auf unterschiedlichen Schulstufen und in unterschiedlichen Schulfächern (Naturwissenschaftliche Fächer, Mathematik, Technikunterricht). Ziele sind, die Beschreibung der Beurteilungsmethoden zu verbessern, spezifische Forschungs- bzw. Evaluationsfragen zum Thema formative Beurteilung zu beantworten sowie Empfehlungen für Entscheidungsträger zu erarbeiten, wie sich formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen vermehrt in der Unterrichtspraxis umsetzen ließe.

Literatur

Black, P. & Harrison, Ch. (2004). Science inside the black box. GL Assessment, London

Christensen, T. S. (2004). Integreret Evaluering – En undersøgelse af den fagligt evaluerende lærer-elevsamtale som evalueringsredskab i Gymnasial Undervisning (PhD Dissertation). University of Southern Denmark, Odense (enthält eine ausführliche englische Zusammenfassung)

Dolin, J. (2012). Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education: ASSIST-ME proposal. Copenhagen http://assistme.ku.dk (retrieved 26.09.2014)

Harlen, W. (2012). On the relationship between assessment for formative and summative purposes, In: Gardner, J., (ed.), Assessment and Learning. London: Sage, 87-102

Klieme, E., & Harks, B. (2013). Formative assessment. General concepts, recent debates in Germany, and findings from experimental studies in mathematics education, Berlin

Ropohl, M., Rönnebeck, S., & Bernholt, S. (2014). Ergebnisse eines Literatur-Reviews zur formativen Beurteilung. In: S. Bernholt (Ed.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Tagungsband der Jahrestagung GDCP 2014 in Bremen)

Ruiz-Primo, M.A., & Furtak, E.M. (2006). Informal formative assessment and scientific inquiry: exploring teachers' practices and student learning. Educational Assessment 11 (3& 4), 205-235

Ruiz-Primo, M.A., & Furtak, E.M. (2004). Informal formative assessment of students' understanding of scientific inquiry. CSE Report 639. University of California

Smit, R., & Birri, T. (2014). Assuring the quality of standard oriented assessment with rubrics for complex skills. Studies in Educational Evaluation (in press)

Nicole Marmé Pädagogische Hochschule Heidelberg
Jonathan Glaser
Sönke Graf
Manuela Welzel-Breuer

Chain Reaction – a sustainable approach to Inquiry Based Science Education

Chain Reaction ist ein von der Europäischen Union im 7. Forschungsrahmenprogramm gefördertes Projekt, das zum Ziel hat, forschend-entdeckendes Lernen im Schulunterricht der Sekundarstufe 1 zu implementieren. Innerhalb der drei Projektjahre werden in zwölf beteiligten Ländern Lehrkräfte geschult, welche im Rahmen ihres Unterrichts Forschungsprojekte mit den Kindern durchführen. Die beteiligten Klassen bzw. Gruppen haben auf einer nationalen *Express Yourself Conference (EYC)* die Möglichkeit, ihre Ergebnisse im eigenen Land zu präsentieren. Ein Vortrag wird von einer Jury aus Wissenschaftlern für eine internationale *Express Yourself Conference* ausgewählt. Hier treffen sich die Gruppen aus allen zwölf Ländern, um ihre Wissenschaftsergebnisse zu kommunizieren.

Forschend-entdeckendes Lernen im Schulunterricht
Inquiry-based science education ist ein wichtiger Ansatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem SchülerInnen anhand bestimmter Fragestellungen forschen und Datenmaterial zum Beantworten dieser Fragen heranziehen (Crawford, 2000). Forschendes bzw. entdeckendes Lernen soll (natur-)wissenschaftliche Bildung fördern und bietet die Möglichkeit, sowohl das Verständnis der SchülerInnen von Wissenschaft, wie auch ihre aktive Teilnahme an Wissenschaft und „wissenschaftliches Arbeiten im Klassenzimmer“ zu verbessern. Weiterhin schafft entdeckendes Lernen einen Raum, in welchem die Kinder über das Wesen des Forschens und die Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens lernen. Unglücklicherweise besitzen viele Lehrkräfte begrenzte Erfahrungen mit wissenschaftlichem Forschen und haben naive Vorstellungen von der Schaffung naturwissenschaftlichen Wissens. Es wird angenommen, dass mangelnde Kenntnis und Erfahrung mit dem Forschen das beschriebene Lehren von Naturwissenschaften verhindert (Blanchard, Southerland & Granger, 2008). Der Mangel an Wissen und Erfahrung schränkt das Vermögen von Lehrkräften, Unterrichtstunden zu planen und zu halten, welche ihren SchülerInnen helfen, ein Bild von Wissenschaft jenseits des bekannten Erfahrungsschatzes zu entwickeln, aller Wahrscheinlichkeit nach stark ein (Capps & Crawford, 2012).

Schüler-Forschungsthemen
Die sogenannten Schüler-Forschungsthemen bilden die Grundlage für die Forschungsprojekte der Kinder. Für das Projekt wurden aus insgesamt 30 *Pupil Research Briefs (PRBs)* elf Themen mit dem Schwerpunkt *„The Earth and the Universe“* ausgewählt und in den einzelnen Ländern auf die jeweiligen Rahmenbedingungen angepasst. Als Unterrichtsmaterialien werden sie den SchülerInnen zu Beginn des Projektes zur Verfügung gestellt und sollen ihnen ein selbstkontrolliertes und zielorientiertes Experimentieren und Lernen in einem realistischen Szenario ermöglichen. Die Themen können im Biologie-, Chemie-, Physik- und Technik-Unterricht bearbeitet werden. Aufgrund ihrer Interdisziplinarität eignen sie sich aber auch für den fächerübergreifenden Unterricht.
Bei der Adaption aus dem Englischen wurden die Themen so gestaltet, dass sie alle die gleiche Grundstruktur aufweisen. Jedes Forschungsprojekt hat einen Forschungsanlass bzw. einen *Forschungskontext*. Dieser kann beispielsweise das persönliche Interesse des Forschers sein oder eine wissenschaftliche Problem- oder Fragestellung, die es zu lösen gilt. In den Dokumenten finden die SchülerInnen außerdem fachliche *Hintergrundinformationen*,

welche ihnen bei der Bearbeitung ihres Forschungsprojektes helfen sollen. Diese Informationen sollen allerdings eine Literaturrecherche nicht ersetzen, sondern stellen nur eine Basis für diese dar. Im weiteren Verlauf des Projektes sollen die SchülerInnen ihre Forschungsfragen, Hypothesen oder Vorhersagen aufstellen und eigenständig geplante *Untersuchungen* durchführen, um diese gegebenenfalls zu bestätigen. Der letzte Teil des Forschungsprojektes widmet sich der *Kommunikation* der Forschungsergebnisse. Hier gibt es für die SchülerInnen vielerlei Wege, Wissenschaft zu kommunizieren, die die Vielfalt von Medien und Methoden, wie sie in der Berufswelt vorkommen, wiederspiegeln. Manche Forschungsthemen verlangen das Verfassen eines Laborberichtes, andere das Schreiben eines Antrags zur Finanzierung. Außerdem besteht die Möglichkeit, Artikel für Magazine zu schreiben, Websiten zu erstellen oder Ausstellungen und/oder Präsentationen für eine nationale oder internationale Konferenz vorzubereiten.

Projektablauf

Das Projekt startet in jedem Jahr mit einer eintägigen Lehrerfortbildung, die an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg regelmäßig im Oktober stattfindet. Diese Veranstaltung dient zum einen dazu, den Lehrkräften die Grundzüge und Besonderheiten des forschend-entdeckenden Lernens zu vermitteln. Zum anderen erhalten sie einen Einblick in die Schüler-Forschungsthemen und in mögliche Projekte. In jedem teilnehmenden Land werden jedes Jahr zwei LehrerInnen von jeweils fünf Schulen fortgebildet. Die Lehrkräfte haben dann die Möglichkeit, die Themen auf die eigenen schulischen Voraussetzungen und Schulklassen anzupassen. Danach startet die Projektdurchführung in der Schule, wobei diese von Seiten der Hochschule begleitet wird.

Im Verlauf des Projektes haben die SchülerInnen außerdem die Möglichkeit, an einem Moodle-Kurs für wissenschaftliches Schreiben und an einem Präsentationstraining teilzunehmen. Das Schreibtraining wurde an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg im Rahmen einer Promotion entwickelt und evaluiert (Flechsig, 2014). Den Abschluss des Forschungsprojektes bildet eine nationale *Express Yourself Conference*, auf der jeweils eine Schülergruppe pro Lehrkraft ihre Forschungsergebnisse vorstellen darf. Alle anderen haben die Möglichkeit, mit einem Poster an der Konferenz teilzunehmen. Im Rahmen dieser Veranstaltung wird aus den Vortragenden von einer Jury aus Wissenschaftlern eine Gruppe ausgewählt, die dann auf einer internationalen *Express Yourself Conference* vor den Siegergruppen der anderen Länder präsentieren darf. Diese Veranstaltung fand im Jahre 2014 in Sheffield statt und wird in den kommenden Jahren in Deutschland (2015) und in Jordanien (2016) ausgetragen.

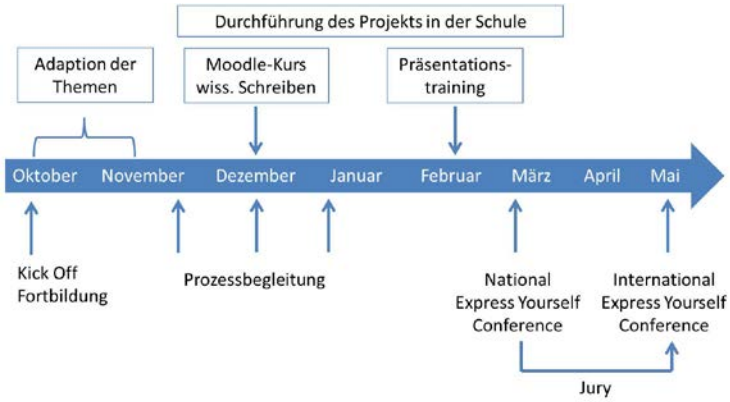


Abb. 1: Zeitlicher Ablauf des Chain Reaction-Projektes

Evaluation

Das Projekt Chain Reaction wird jedes Jahr in allen zwölf Ländern evaluiert. Im ersten Projektjahr wurden insgesamt zehn Lehrkräfte und 54 SchülerInnen (w: 25; m: 29) befragt. Die hier dargestellten Ergebnisse wurden im Anschluss an die *Express Yourself Conference* in Heidelberg erhoben. Gefragt wurde nach den mutmaßlichen Gewinnen, die SchülerInnen durch forschend-entdeckendes Lernen erlangen können. In den Fragen wurden, mit Ausnahme einer Lehrkraft (bei der ersten Frage zwei Lehrkräfte), alle Fragen hinsichtlich der Entwicklung der SchülerInnen positiv bewertet. Somit gelang es neun von zehn Lehrkräften nach eigener Einschätzung, positive Entwicklungen bei den SchülerInnen hervorzurufen. Zu diesen Entwicklungen zählen grundlegende Fähigkeiten forschend zu arbeiten und Teamfähigkeit. Aber auch mehr Freude und eine verbesserte Motivation konnten diese Lehrkräfte beobachten.

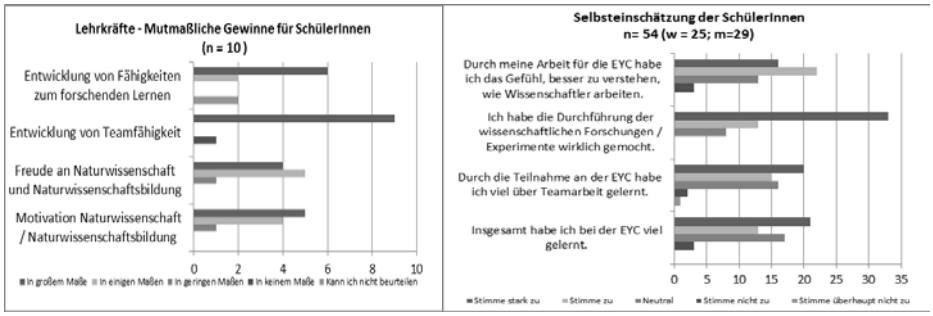


*Abb. 2:**Links:** Befragung der Lehrkräfte zu den Entwicklungen der SchülerInnen*
***Rechts:** Befragung der SchülerInnen zu ihren eigenen Entwicklungen und Erfahrungen*

Ebenfalls erhoben wurde die Schülerperspektive hinsichtlich des forschend-entdeckenden Lernens. Der Frage, ob sie nun besser verstehen, wie WissenschaftlerInnen arbeiten, stimmten 70 % zu. Mit 85 % Zustimmung zeigten die SchülerInnen, wie sehr ihnen das Arbeiten durch forschend-entdeckendes Lernen gefallen hat. Auch die Teilnahme an der EYC war für 65 % der SchülerInnen ein Entwicklungsfeld ihrer Teamfähigkeiten. Insgesamt konnten 63 % der Schülerinnen und Schüler viel bei der EYC lernen.

Die dargestellten Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass sowohl die SchülerInnen, wie auch die Lehrkräfte einen Gewinn durch forschend-entdeckendes Lernen feststellen können. Inwieweit das Konzept tatsächlich im Regelunterricht etabliert wird, lässt sich zum heutigen Zeitpunkt noch nicht sagen.

Literatur

Blanchard, M. R., Southerland, S. A. & Granger, E. M. (2008). No silver bullet for inquiry: making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. Science Teacher Education, 93 (2), 322 - 360

Capps, D. K. & Crawford, B.A. (2012). Inquiry-based Instruction and teaching about nature of science: Are they happening? Journal of Science Teacher Education. Published online 26.08.12. Springer.

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers. Journal of research in Science education, 37 (9), 916 – 937

Flechsig, A., Jannack, V., Knemeyer, J.P. & Marmé, N. (2014). Förderung von wissenschaftlichem Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Bernolt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, 462-464, Münster: LIT-Verlag

Christian Maurer Universität Regensburg
Karsten Rincke

Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen

Grundlagen

Die Strukturiertheit von Lehr-Lern-Prozessen wird in der didaktischen Fachliteratur als eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale von Unterricht aufgeführt (u. a. Meyer, 2004; Helmke 2009). Dabei erfolgt die Verwendung des Begriffs der Strukturiertheit in der Fachliteratur uneinheitlich. Diese Unterschiedlichkeit in der Verwendung zeigt sich in der Vermischung der Strukturiertheit mit anderen Begriffen (z. B. der Klarheit) sowie der abweichenden Zuordnungen unterschiedlicher Teilaspekte (z. B. Unterrichtsmanagement) und resultiert in einer unpräzisen begrifflichen Ausgangslage der Lehr-Lern-Forschung zur Strukturierung (vgl. Meyer, 2004; Helmke, 2009; Rakoczy, 2007). Um diese unterschiedlichen Definitionen aufzulösen, trennt Rakoczy grundsätzlich organisatorische und inhaltliche Teilaspekte der Strukturierung voneinander ab und kann für die so entstandenen Teilkategorien *Organisation der Lernumgebung* und *Strukturierte Präsentation der Lerninhalte* auch unterschiedliche unterrichtliche Wirkungen nachweisen (Rakoczy, 2007). Die *Strukturierte Präsentation der Lerninhalte* kann dabei weiter ausdifferenziert werden, wobei die klare Organisation des Lernstoffs, die Zielorientierung oder die Schlüssigkeit der unterrichtlichen Phasierung wiederum Teilfacetten bilden. Für die schlüssige Abfolge und Verbindung einzelner Phasen als Schwerpunkt dieser Arbeit stehen verschiedene begründete und zum Teil bereits erprobte Vorschläge zur Verfügung. Ob aber eine spezifische Unterrichtseinheit idealerweise nach den Vorgaben des Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens (Schmidkunz & Lindemann, 1992), der Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl, 2001) oder anderer Vorschläge strukturiert wird, ist ebenso offen wie die vielleicht grundlegendere Frage, ob eine optimale Strukturierung existiert und wie diese gegebenenfalls charakterisiert sein könnte.

Forschungsfragen

- Führen unterschiedliche Sequenzierungen auch zu einem unterschiedlichen Maß der wahrgenommenen Strukturierung, der kognitiven Aktivierung oder der grundlegenden Bedürfnisse? (Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach Deci & Ryan, 2004)
- Zeigen sich unterschiedliche Sequenzierungen auch unterschiedlich lernwirksam?
- Zeigt sich insgesamt eine zu favorisierende Sequenzierung der Lernprozesse hinsichtlich der untersuchten Merkmale?

Untersuchungsdesign

Zum Vergleich der Wirkungen unterschiedlicher Sequenzierungen wurde speziell konzipierter Unterricht im Lernforschungslabor der Physikdidaktik der Universität Regensburg durchgeführt. Da sich der Grad der Umsetzung der theoretischer Vorgaben in vorangegangenen Feldstudien zur Basismodelltheorie selten als vollständig, allerdings als wesentlich für die Unterrichtsqualität (z. B. Wackermann, 2008) erwies, wurde als Untersuchungsdesign die Form einer quasiexperimentelle Laborstudie gewählt, um möglichst viele Einflussfaktoren auf den Unterrichtserfolg kontrollieren zu können. Zudem erfolgten sowohl Konzeption und Durchführung des Unterrichts durch den Versuchsleiter. Dies sollte gewährleisten, dass eine exakte Umsetzung theoretischer Vorgaben zur Strukturierung möglich wird. Die durch die Wahl des Untersuchungsdesigns verminderte Generalisierbarkeit der Aussagen der durchgeführten explorativen Studie, sowie mögliche Einflüsse des Versuchsleitereffektes wurden als weniger bedeutsam eingestuft. Da letztgenannter Effekt aufgrund des Fehlens vorformulierter Hypothesen als weniger stark ausgeprägt zu betrachten ist. Zudem kann der

Versuchsleitereffekt durch Berücksichtigung einzelner Aspekte bei der Konzeption der Unterrichtseinheiten gering gehalten werden (Bortz, 2006). Zum Thema Impuls wurden so zwei 90-minütige, lehrplankonforme Unterrichtseinheiten entwickelt. Eine der Einheiten wurde nach den Vorgaben der Basismodelltheorie (BMT) konzipiert, die andere entsprechend denen des Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens (FeU). Beide theoretischen Vorschläge zur Strukturierung haben den Anspruch, eine optimale Struktur für Unterricht zu liefern, geben detaillierte Vorgaben über den Unterrichtsverlauf, sind ähnlich stark strukturiert, verzichten auf die Vorgabe spezifischer Methoden und lassen sich so gut umsetzen bei der Sequenzierung der Unterrichtsstunden. Die auf Basis der theoretischen Vorgaben konzipierten Sequenzen stimmen in den behandelten Inhalten, den verwendeten Methoden und Medien, sowie der Unterrichtszeit überein. Bei rein oberflächlicher Betrachtung zeigt sich ein fast identischer Ablauf der unterrichtlichen Phasen in beiden entwickelten Stunden, geht der Blick tiefer, so treten Unterschiede hervor. Diese Unterschiede resultieren aus sehr genauen und voneinander abweichenden Vorgaben beider Verfahren über die Detailausgestaltung einzelner Phasen. Fordert das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren bei der Erarbeitung der Inhalte eine Abstraktion *aller* Erkenntnisse aus den Experimenten, erfolgt die Erarbeitung des Stundenthemas nach den Vorgaben der Basismodelltheorie über eine Generalisierung aus den Ergebnissen der Experimente sowie über einer Darstellung weiterführender Inhalte. Bei der Verarbeitung der Inhalte sind beim Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren Anwendungen nicht um zu üben, sondern um Querverbindungen zu Alltagssituationen oder anderen Schulfächern aufzubauen, sowie eine anschließende Wiederholung des Gelernten vorgesehen, die Basismodelltheorie sieht hingegen explizit Anwendungen zum Üben der neuen Inhalte und eine innerfachliche Vernetzung der neuen Inhalte vor. Die untersuchten Unterrichtseinheiten unterscheiden sich also nur in Details ihrer Strukturierung. Für die Ermittlung der Lernwirksamkeit wurde ein Wissenstest entwickelt, welcher den Wissensstand vor und nach der Unterrichtseinheit erfasst. In einem Schülerfragebogen wurde zudem die kognitive Aktivierung, die grundlegenden Bedürfnisse sowie Aspekte der Strukturiertheit des Unterrichts erhoben. Die Teilkategorien der Strukturiertheit bilden die Organisation des Lernstoffs, die Schlüssigkeit der Verbindung einzelner Phasen sowie die Zielorientierung. An der Studie beteiligten sich insgesamt 291 Schüler aus zwölf Schulklassen der zehnten Jahrgangsstufe bayerischer Schulen.

Ergebnisse

Die teilgenommenen Schüler bewerteten beide Unterrichtseinheiten auf einer Skala von eins bis vier hinsichtlich der sozialen Eingebundenheit (Mittelwert je 3,71) und dem kognitiven Engagement (Mittelwert 3,00 beim FeU bzw. 3,06 bei der BMT) vergleichbar groß.

Tab. 1: Ergebnisse des Schülerfragebogens

	Kompetenz-erleben	**Autonomie-erleben**	**Org. des Lernstoffs**	**Schlüssig-keit**	**Zielklar-heit**
FeU	3,25	3,09	3,08	3,57	3,48
BMT	3,37	3,25	3,27	3,65	3,60
Signifikanz	. p=0,06	* p<0,05	** p<0,01	* p<0,05	* p<0,05
Effektstärke	d= -0,2	d= -0,3	d=-0,4	d= -0,2	d=-0,3

Unterschiedlich groß zeigen sich die Bewertungen für die Merkmale des Kompetenz- und Autonomieerlebens und für die Aspekte der Strukturierung (siehe Tab. 1). Bezüglich dieser Merkmale werden dem Unterricht nach der Basismodelltheorie schwach- bis hochsignifikant

höhere Kennwerte bei einer kleinen Effektstärke zugewiesen. Die Reliabilitäten der verwendeten Skalen (Cronbachs α zw. 0,6 und 0,7) liegen mit Ausnahme der Reliabilität der Skala für Autonomieerleben (α=0,5) im akzeptablen Bereich für eine explorative Studie.
Der für diese Studie entwickelte Wissenstest (Split-Half Reliabilität von 0,72) zum Thema Impuls erfasst den Lernzuwachs in den Interventionsgruppen, indem der Wissenstand vor (Vortest) und nach (Nachtest) der Intervention ermittelt wird. Im Vortestergebnis treten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf, das Ergebnis des Nachtests weist für die nach den Basismodellen unterrichtete Gruppe allerdings einen hochsignifikant (p=0,002; d=0,36) höheren Gruppenmittelwert auf, als für die nach dem forschend-entwickelndem Unterrichtsverfahren unterrichtete Gruppe (siehe Abb. 1).

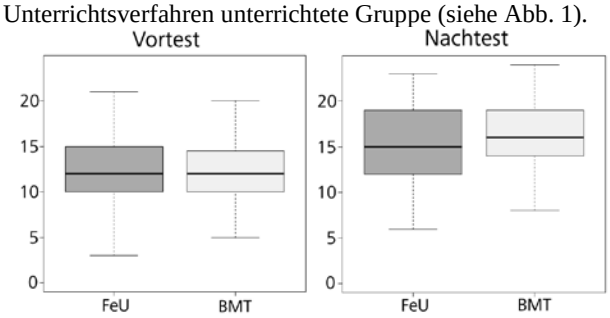


Abb. 1: Vergleich der Gruppenmittelwerte im Wissenstest vor und nach der Intervention.

In einer Kovarianzanalyse, in welcher weitere mögliche Einflussfaktoren auf den Unterrichtserfolg eingerechnet wurden, zeigte sich der höhere Lernzuwachs in der BMT-Gruppe sogar höchstsignifikant bei einer kleinen bis mittleren Effektstärke (Ω^2=0,04). Ebenfalls höchstsignifikant Einfluss nehmen das Ergebnis im Vortest, der zeitliche Beginn der Unterrichtsphase und das Geschlecht der teilnehmenden Schüler. Ein hohes Vortestergebnis zeigt sehr großen positiven, ein früher Unterrichtsbeginn und die Zugehörigkeit zum männlichen Geschlecht einen mittleren positiven Einfluss auf den Lernzuwachs. Für die Klassengröße oder die Kompetenz zur Erkenntnisgewinnung wurde kein signifikanter Einfluss festgestellt. Insgesamt werden die unterschiedlich strukturierten Sequenzen von den Schülern auch unterschiedlich bewertet und sind unterschiedlich lernwirksam. Die Art der Strukturierung ist also entscheidend. Die Sequenzierung auf Grundlage der Basismodelltheorie erweist sich dabei als lernwirksamer, wird hinsichtlich einiger Merkmale für guten Unterricht besser bewertet und kann folglich als die zu favorisierende Sequenzierung für das gewählte inhaltliche Thema bezeichnet werden. Allgemein lässt sich erkennen, dass Details in der Unterrichtsstrukturierung einen wesentlichen Einfluss auf die Unterrichtsqualität haben.

Literatur

Bortz, J. & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation . Springer Medizin Verlag Heidelberg,

Deci, E. & Ryan, R. (1993) Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), 223-238

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Erhard Friedrich Verlag GmbH. Seelze-Velber.

Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Cornelsen Verlag Scriptor, Berlin.

Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. Handbook of research on Teaching. Richardson, Virginia. Washington D.C.

Rakoczy, K. et. al. (2007). Structure as a quality feature in mathematics instruction. in: Studies on the educational quality of schools. Manfred Prenzel (Editor) Waxmann. Münster, New York, München

Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992). Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren – Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Westarp Wissenschaften. Verlag der Universitätsbuchhandlung. Magdeburg

Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH

Simon Zander Universität Duisburg Essen
Heiko Krabbe
Hans E. Fischer

Guter Physikunterricht für schwächere Schülerinnen und Schüler

Ausgangslage

In ihrer Analyse von mehr als 200 Artikeln aus internationalen Journals zur wissenschaftlichen Evaluation von Lehrerfortbildungen haben Luft und Hewson (2014) diese danach klassifiziert, ob Beziehung zwischen der Lehrerfortbildung und Merkmalen auf Lehrer-, Schüler- oder politscher Ebene hergestellt wurden. Sie konnten nur drei Beiträge identifizieren, die Zusammenhänge zwischen Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern und der Lehrerfortbildungen untersucht haben. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit genau diesen Zusammenhängen. Ziel der Untersuchung war es, nicht nur Auswirkungen der Lehrerfortbildung auf die Lehrkräfte bzw. deren Unterricht zu prüfen (Treatment-Check), sondern auch auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler nachzuweisen. Die Fortbildung wurde im Rahmen des Projekts „Ganz In - Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW" durchgeführt, dessen Ziel es u. a. ist, durch unterstützende Förderangebote im Ganztag sowie durch eine Verbesserung der Unterrichtsqualität die Heterogenität der Schülerschaft zu berücksichtigen. Thema der Fortbildung waren die Basismodelle von Oser & Baeriswyl (2001), die, je nach Lehrziel des Unterrichts, verschiedene notwendige Lernprozesse beschreiben. Für die Fortbildung wurden die drei Basismodelle Lernen durch Eigenerfahrung, Konzeptbildung und Problemlösen berücksichtigt und die Qualität in der Vollständigkeit und richtigen Reihenfolge der jeweiligen Lernprozesse gesehen. Es kann erwartet werden, dass insbesondere schwächere Schülerinnen und Schüler von einer verbesserten Unterrichtsstrukturierung profitieren (Helmke, 2009). Bei bisherigen Analysen zeigte sich auf Ebene der Lehrkräfte, dass die Stunden der Lehrkräfte nach der Fortbildung klarere Ziele und eine transparente Struktur bekamen. Allerdings benötigten Lehrkräfte weiterhin 90 Minuten, um Basismodelle vollständig umzusetzen. Auch zeigte sich, dass mehr Zeit zur Reflexion von Erfahrungen der Lernenden genutzt wurde. Auf Seiten der Schülerinnen und Schüler konnte gezeigt werden, dass zu Beginn des Schuljahres die Vergleichs- und Fortbildungsgruppe in einem Test zur Mechanik gleich gut abschnitten, am Ende des Schuljahres wies die Fortbildungsgruppe doppelt so große Lernzuwächse auf. Schließlich konnten Zusammenhänge zwischen Lernzuwächsen und Qualität der Umsetzung der Basismodelle gezeigt werden. Aus diesen Ergebnissen und u. a. nach Helmke (2009) ergibt sich die Frage, ob bestimmte Schülergruppen besonders von der verbesserten Strukturierung profitieren. Dazu lässt sich die Hypothese formulieren, dass in der Fortbildungsgruppe mehr Schülerinnen und Schüler in die nächsthöhere Schülergruppe wechseln als in der Vergleichsgruppe.

Design und Auswertung

In 30 achten Klassen des Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen wurde zu Beginn und am Ende des Schuljahres 2011/12 ein Fachwissenstest zur Mechanik bei 1610 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Der Fachwissenstest enthielt 27 geschlossene Items und wies eine wle-Reliabilität von .61 auf. Jeweils 15 Klassen gehörten zur Fortbildungsgruppe und zur Vergleichsgruppe. Die Lehrkräfte der Fortbildungsgruppe nahmen an einem Fortbildungstag zu den Basismodellen teil und erhielten anschließend quartalsweise ein videogestütztes Feedback zu ihrer Unterrichtsgestaltung in Bezug auf die Basismodelle (Zander, Krabbe & Fischer, 2013). Die Lehrkräfte der Vergleichsgruppe erhielten keinerlei Fortbildung und erteilten den von ihnen präferierten Unterricht.

Mittels einer latenten Klassenanalyse über die Aufgaben des Vor- und Nachtests wurden Schülergruppen aufgrund ihres Lösungsmusters identifiziert. Kriterium für den besten Modellfit war der kleinste BIC-Wert. Die Gruppen wurden anhand der durchschnittlichen wle-Personenfähigkeiten im Vor- und Nachtest hinsichtlich ihres Leistungsstands charakterisiert.

Ergebnisse

Die Gesamtstichprobe (Fortbildungs- und Vergleichsgruppe) wird am besten durch drei Schülergruppen beschrieben, die sich als schwache, durchschnittliche und starke Schülerinnen und Schüler charakterisieren lassen. (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Charakterisierung der Schülergruppen

Schülergruppe	N	%	Lösungswahr-scheinlichkeit	Personen-fähigkeit	D
Schwach	642	40	.39 (.18)	-0.6 (0.4)	2.0 ***
Durchschnitt	823	51	.54 (.18)	0.2 (0.4)	2.8 ***
Stark	145	9	.74 (.20)	1.4 (0.5)	

40 % aller Schülerinnen und Schüler gehören zur schwachen Gruppe. Wie die großen Effektstärken zeigen, unterscheiden sich die drei Schülergruppen erheblich in ihren Personenfähigkeiten. Abbildung 1 zeigt die Lösungswahrscheinlichkeit für die 27 bearbeiteten Aufgaben des Fachwissenstests in den einzelnen Schülergruppen.

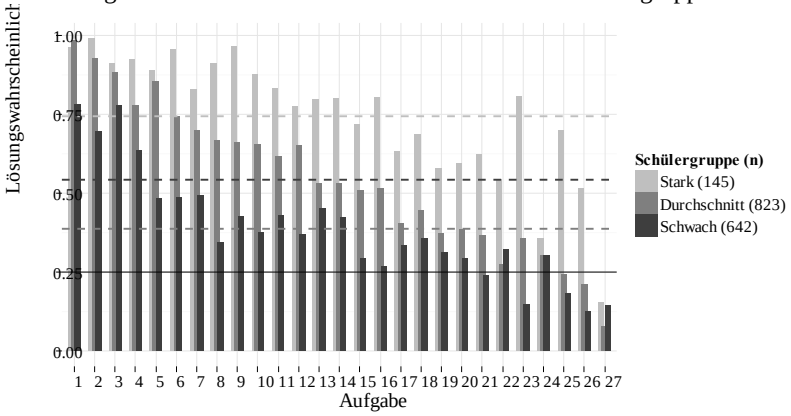


Abb. 1: Lösungswahrscheinlichkeiten für die Aufgaben in den Schülergruppen

Die Aufgaben sind nach aufsteigender Schwierigkeit sortiert. Man erkennt, dass die Differenzen zwischen den Gruppen je nach Aufgabe sehr unterschiedlich sind. So liegen beispielsweise die durchschnittlichen Schülerinnen und Schüler im Mittel 15 % über den schwachen Schülerinnen und Schüler, aber die Aufgaben 5, 8, 10 und 12 weisen deutlich größere Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen auf. Drei dieser Aufgaben lassen sich dem Erfahrungswissen zuordnen. Abbildung 2 zeigt getrennt nach Fortbildungs- und Vergleichsgruppe die Verteilung der Schülergruppen im Vor- und im Nachtest. Im Vortest unterscheidet sich die Verteilung nicht (Chi-Quadrat-Test, $p = .95$), im Nachtest hingegen ist der Unterschied signifikant ($p < .001$) zu Gunsten der Fortbildungsgruppe. Dort gehören mehr Personen zu den durchschnittlichen und starken Schülerinnen und Schülern als in der Vergleichsgruppe. Besonders die schwachen und die durchschnittlichen Schülerinnen und Schüler der Fortbildungsgruppe haben sich verbessert (vgl. Tabelle 2.).

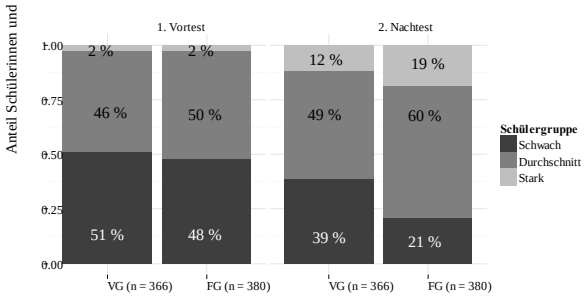


Abb. 2: Verteilung der Schülergruppen in Vergleichs- (VG) und Fortbildungsgruppe (FG)

Tab. 2: Entwicklung der Schülerinnen und Schüler von Vor- zu Nachtest

Vortest \ Nachtest	Schwach		Durchschnitt		Stark	
	VG	FG	VG	FG	VG	FG
Schwach	30 %	17 %	20 %	28 %	1 %	3 %
Durchschnitt	9 %	3 %	29 %	32 %	9 %	14 %
Stark	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %	2 %

Diskussion und Ausblick

Die durchgeführte Lehrerfortbildung zu den Basismodellen erweist sich als erfolgreiches Mittel, um insbesondere schwache Schülerinnen und Schüler beim Physiklernen zu unterstützen. Die theoretische Annahme, dass schwächere Schülerinnen und Schüler besonders von der guten Strukturierung profitieren, zeigt sich im Vergleich der Fortbildungs- und Vergleichsgruppe. Die Hypothese konnte bestätigt werden.

Allerdings stellt die Vergleichsgruppe keine Kontrollgruppe im strengen Sinn dar, weil im Gegensatz zur Fortbildungsgruppe die Lehrkräfte keinerlei Betreuung erhielten und auch kein Unterricht videografiert wurde. Andererseits ist nicht zu erwarten, dass die festgestellten Unterschiede im Lernzuwachs in diesem Ausmaß ausschließlich durch die unterschiedliche Behandlung der Gruppen hervorgerufen wurden.

Dagegen gibt es weitere Indizien für den Zusammenhang der Lehrerfortbildung mit den veränderten Lernzuwächsen. Zum Beispiel zeigt sich, dass sich die schwachen und die durchschnittlichen Schülerinnen und Schüler besonders im Erfahrungswissen unterscheiden (Aufgaben 5, 8, 10, 12). Damit korrespondierend konnte unabhängig kodiert werden, dass Lehrkräfte der Fortbildungsgruppe nach der Fortbildung mehr Zeit damit verbrachten, im Unterricht Erfahrungswissen zu reflektieren. Während für die generelle Umstellung auf den Ganztagsbetrieb im Rahmen des Ganz-In-Projekts keine Verminderung der Heterogenität festgestellt werden konnte (vgl. Krabbe & Fischer, in diesem Band), stellt die Lehrerfortbildung zu den Basismodellen eine Möglichkeit dar, dieses Projektziel zu erreichen.

Literatur

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität, Evaluation und Verbesserung der Unterrichtsqualität. Seelze: Klett-Kallymeyer.

Luft, L.A. & Hewson, P.W. (2014). Research on Teacher Professional Development Programs in Science. In N.G. Lederman & S.K. Abell (Eds.), Handbook of Reasearch on science education, Volume II (pp. 889-909). New York: Routledge.

Oser, F.K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Ed.), Handbook of research on teaching (4th ed.) (pp. 1031-1065). Washington: American Educational Research Association.

Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2013). Lernzuwächse in der Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen“. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 503-505.

Rainer Wackermann Ruhr-Universität Bochum

Explorative Untersuchung des Vorkommens von Vernetzungsphasen in ganzen Unterrichtsreihen – Vorhaben und erster Eindruck

Einleitung und Forschungsziel

Transfer, Reflexion oder Vernetzung wird hohe Bedeutung für das Lernen beigemessen. Gleichzeitig zeigen Videostudien im Physikunterricht der letzten Jahre, dass kaum Unterrichtszeit für solche Vernetzungsphasen verwendet wird. Allerdings wurden bislang vorwiegend einzelne Physikunterrichtsstunden untersucht. Ziel des hier skizzierten Forschungsvorhabens ist, explorativ das Vorkommen von Vernetzungsphasen in ganzen Physikunterrichtsreihen zu untersuchen.

Der Vernetzungsbegriff

Der Vernetzungsbegriff wird schon lange im Zusammenhang mit Unterricht, Lehren und Lernen verwendet und stets wird die Wichtigkeit von Vernetzung für das Lernen betont. Beispielsweise schreibt Roth (1963, S. 227), dass Neuerlerntes erst mit der Übertragung auf andere Kontexte und mit der Integration in bestehendes Wissen für den freien Gebrauch aufbereitet wird. Auffallend ist, dass der Begriff „Vernetzung“ zwar viel gebraucht, aber nicht einheitlich definiert wird. Auf Basis der gesichteten Literatur lassen sich drei Formen von Vernetzung herausarbeiten: Vertikale Vernetzung, horizontale Vernetzung sowie Reflexion des Lernwegs.

Für eine Arbeitsdefinition von Vernetzung wird für das hier skizzierte Vorhaben auf die Theorie der Basismodelle des Lehrens und Lernens von Oser (2001) zurückgegriffen. Dieses umfassende Unterrichtsmodell findet in den letzten Jahren in der Physikdidaktik zunehmend Verwendung, beispielsweise durch Geller, Neumann & Fischer (2010). Die Osersche Basismodelltheorie macht auch Vorschläge für den Abschluss von Lernprozessen und unterscheidet dabei je nach Lehrziel zwischen

- Dekontextualisierung am Ende eines Erfahrungslernprozesses: Hier prüfen Lernende zum Beispiel, ob eine in einer konkreten Situation/in einem Kontext erfahrene Gesetzmäßigkeit auch in anderen Situationen bzw. Kontexten sinnvoll anwendbar ist.
- Reflexion des Lernwegs am Ende eines Problemlöseprozesses: Hier untersuchen Lernende beispielsweise, ob sich ähnliche Probleme und welche Art von Problemen sich mit dem gefundenen Lösungsweg lösen lassen mit dem Ziel einer Verallgemeinerung des Lösungswegs.
- Transfer und Festigung am Ende eines Konzeptwechselprozesses: Hier festigen Lernende ein neues Konzept unter anderem dadurch, dass sich das neue Konzept in vielen Anwendungen als fruchtbar erweist und besser bewährt als das alte Konzept bei gegenseitiger Abgrenzung beider Konzepte.
- Horizontaler und vertikaler Vernetzung am Ende eines Konzeptaufbaus: Hier treffen Lernende beispielsweise Aussagen zur Nutzbarkeit eines neuen Konzepts in verschiedenen Kontexten oder stellen Zusammenhänge zu anderen, bereits bekannten Konzepten her (auch Verknüpfung von Konzepten).

Offensichtlich decken die von der Oser‘schen Basismodelltheorie geforderten, jeweils letzten Unterrichtsphasen die weiter oben genannten Vernetzungsformen vollständig ab. Gleichzeitig können die Phasen zuverlässig im Physikunterricht erkannt werden, selbst dann, wenn der Unterricht nicht explizit nach Basismodellen geplant und durchgeführt wurde, siehe Wackermann, Trendel & Fischer (2010) sowie Wackermann & Priemer (2013). Daher soll als Arbeitsdefinition für das hier skizzierte Vorhaben *Vernetzung* alle

lernprozessabschließenden Unterrichtsphasen nach Oser (2001) in der Operationalisierung von Wackermann et al. (2010, 2013) umfassen.

Vorkommen von Vernetzungsphasen im Physikunterricht

Empirisch belegte Aussagen über das *Vorkommen* von Vernetzungsphasen im Physikunterricht sind bislang beschränkt auf einzelne Unterrichtsstunden.

Im Rahmen der ersten Phase der IPN-Videostudie (n=13 Lehrkräfte) beobachteten Widodo und Duit (2005), dass die abschließenden Phasen konstruktivistischer Lernprozesse wie Überprüfen oder Bewerten, die der Festigung durch (vertikale) Vernetzung dienen sollen, in dem beobachteten Unterricht praktisch nicht vorkamen.

Im Rahmen des Vertikalen-Projekts der nwu-Essen untersuchten Neumann, Fischer & Sumfleth (2007) den Zusammenhang zwischen vertikaler Vernetzung und Schülerleistung. Dabei kam unter anderem heraus, dass Anwenden und Transfer praktisch nicht beobachtet werden konnten (Lau, 2011).

Sehr deutlich zeigten Wackermann, Trendel & Fischer (2010) im Rahmen einer Lehrerfortbildung zu lernprozessorientiertem Physikunterricht, dass in Einzelstunden Lernprozesse häufig nicht abgeschlossen werden. In 80 analysierten Unterrichtsstunden wurde nur 1,6 % der Unterrichtszeit auf die Vernetzungsphasen verwendet.

In einer Folgeuntersuchung videografierten Wackermann & Hater (2013) verlängerten 60-Minuten-Unterricht von zwei Physiklehrkräften aus der früheren Studie von Wackermann et al. (2010). Zentrales Ergebnis für die untersuchten Fälle (n=14 Videos) ist, dass die zusätzliche Zeit für eine erste Sicherung verwendet wird, die unter der Bedingung 45 Minuten praktisch nicht stattfindet, dass aber die Vernetzungsphasen praktisch immer noch ausbleiben. Eine Befragung der Lehrkräfte lieferte zudem die Vermutung, dass Fachdidaktiker und Lehrkräfte möglicherweise eine unterschiedliche Auffassung von Vernetzungsphasen haben: Während die Lehrkräfte mit einer Ergebnissicherung zufrieden scheinen, sind es die Forscher erst mit erfolgreicher Verallgemeinerung. Ein abschließender Eigenversuch durch Übernahme einer der beiden Physikklassen für einige Wochen zeigte, dass die Vernetzungsphase in einer 60 Minuten-Unterrichtsstunde Platz finden *kann*.

Im Rahmen einer Querschnittstudie untersuchten Stender, Geller, Neumann & Fischer (2013) zweimal neun inhaltsgleiche Unterrichtsstunden zum Thema „Elektrische Leistung“. Sie berichten, dass in zwei aufeinander folgenden 45 Minuten-Stunden Lernprozesse eher abgeschlossen werden als in Doppelstunden zu 90 Minuten. Allerdings wurden für die statistische Auswertung einfaches Üben und tiefer Transfer nicht unterschieden, und augenscheinlich kam ersteres bedeutend häufiger vor.

Eine Sonderstellung nimmt die Arbeit von Weber (2003) ein, die kumulatives Lernen im Optikunterricht zum Ziel hatte, und bei der dafür gezielt interveniert wurde.

Zusammengefasst findet Vernetzung im Physikunterricht der Mittelstufe am Gymnasium anscheinend nur sehr wenig statt, wenn nicht gezielt interveniert wird. Der Befund ist unabhängig von der Stundenlänge.

Forschungslücke und Forschungsfrage

Offen bleibt allerdings die Frage, ob im Physikunterricht nur in den bisher videographierten und untersuchten Unterrichtsstunden kaum vernetzt wurde, oder ob generell wenig vernetzt wird. Denn die bisherigen Studienergebnisse stammen aus der Videographie einzelner bis maximal drei aufeinanderfolgender Unterrichtsstunden, bei denen zudem häufig darauf geachtet wurde, dass es sich um einführende Stunden handelte. Hätten Vernetzungsphasen möglicherweise in Folgestunden beobachtet werden können? Kommen Vernetzungsphasen vielleicht nennenswert erst gegen Ende einer ganzen Unterrichtsreihe, also der Gesamtheit der Unterrichtsstunden zu einem Themengebiet, vor? Die aktuelle Literaturlage wie auch der wissenschaftliche Austausch auf nationaler und internationaler Ebene deuten darauf hin, dass

bislang weltweit Unterrichtsreihen in Physik noch nicht aufgenommen bzw. untersucht wurden. Mit diesem Forschungsvorhaben soll explorativ der Frage nach dem Vorkommen von Vernetzungsphasen in ganzen Unterrichtsreihen nachgegangen werden. Als Forschungsfrage formuliert: Welchen Anteil haben Vernetzungsphasen im Physikunterricht ganzer Unterrichtsreihen der Mittelstufe am Gymnasium?

Arbeitsprogramm

Im Physikunterricht von drei Lehrkräften in der Mittelstufe an verschiedenen Gymnasien sollen exemplarisch ganze Unterrichtsreihen (ca. 15 - 20 Unterrichtsstunden) zu einem festgelegten Inhaltsbereich (Mechanik) videografiert und analysiert werden. Zum Einsatz kommen ausschließlich fertige Instrumente wie eine eigene, kategorienbasierte Lernprozessvideoanalyse (nach Wackermann et al. (2010, 2013)), eine verkürzte Sachstrukturanalyse (nach Brückmann & Duit (2014)) und eine leitfadengestützte Lehrkräftebefragung (eigene Entwicklung). Es handelt sich um eine explorative Fallstudie mit drei Fällen und mit quantitativen Daten, insbesondere aus den Videoanalysen.

Stand des Vorhabens und erster Eindruck

Bislang wurde eine Unterrichtsreihe komplett videografiert (18 Doppelstunden), eine zweite Reihe wird gerade aufgenommen. Der erste Eindruck deutet darauf hin, dass Vernetzung in dem hier vorgestellten Sinne in den hier videographierten Unterrichtsreihen nicht häufiger vorkommt als in einzelnen Unterrichtsstunden aus anderen Studien.

Literatur

Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung. Berlin: Springer, S. 189-201.

Geller, C., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2010). Was Mittelstufenschüler über Elektrizität wissen – ein Ländervergleich. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Berlin: Lit, 389-391.

Lau, A. (2011). Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht. Berlin: Logos.

Neumann, K., Fischer. H.E. & Sumfleth, E. (2007). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.M. Lankes (Hrsg.), Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung. Münster/New York: Waxmann, S. 141-151.

Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching. Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), AERA's Handbook of Research on Teaching – 4th Edition. Washington: American Educational Research Association, 1031–1065.

Roth, H. (1963). Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens. 7. Auflage. Hannover: Schroedel.

Stender, A., Geller, C., Neumann, K. & Fischer H.E. (2013). Der Einfluss der Unterrichtstaktung auf die Strukturiertheit und Abgeschlossenheit von Lernprozessen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 19, S. 189-202.

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.

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. & Hater, J. (2013). The effect of lesson duration (45 vs. 60 minutes) on quality of physics instruction. Conference proceedings, NARST 2013, USA.

Weber, T. (2003). Kumulatives Lernen im Physikunterricht. Berlin: Logos.

Widodo, A. & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 10, S. 233-255.

Anne Beerenwinkel Pädagogische Hochschule FHNW, Basel
Matthias von Arx
Peter Labudde

Konstruktivistische Merkmale und Motivation im Physikunterricht

Hintergrund und Fragestellung

Das Verständnis von Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde in den letzten 30 Jahren stark durch eine moderate konstruktivistische Sichtweise geprägt. Die Umsetzung zentraler Merkmale konstruktivistisch orientierter Lernumgebungen im alltäglichen Unterricht erscheint jedoch schwierig und – aus Sicht der Forschung – oft unzureichend (Tobias & Duffy, 2009; Windschitl, 2002). Dabei verspricht man sich von einer entsprechenden Ausrichtung des Unterrichts bessere Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler und eine wirksamere Einführung in den Erkenntnisprozess (z. B. Hmelo-Silver, 2011). Inwieweit affektive Variablen wie die Motivation der Lernenden mit konstruktivistischen Unterrichtsmerkmalen im regulären Physikunterricht zusammenhängen, wurde in der hier vorgestellten Studie untersucht. Konkret wurde analysiert, ob sich verschiedene Cluster, die sich aus Klassen mit einem ähnlichen Muster an bestimmten konstruktivistische Dimensionen von Physikunterricht zusammensetzten, unterschiedliche Ausprägungen an motivationalen Variablen zeigen.

Methode

Bei der Untersuchung handelte es sich um eine Sekundäranalyse im Rahmen der trinationalen QuIP-Studie (Quality of Physics Instruction), in welcher regulärer Physikunterricht zum Thema „Zusammenhang zwischen elektrischer Energie und elektrischer Leistung“ in finnischen, deutschen und schweizer Klassen der 9. und 10. Jahrgangsstufe videografiert wurde (Fischer et al., 2014). Durch Fragebogen wurde unmittelbar nach der videografierten Doppelstunde die situationale Motivation der Schülerinnen und Schülern erhoben (Helaakoski & Viiri, 2012) und von 60 Klassen wurden die Videos im Hinblick auf die Ausprägung konstruktivistischer Unterrichtsmerkmale beurteilt (von Arx, 2014). Auf der Grundlage dieser Daten wurde eine Sekundäranalyse durchgeführt, in welcher die Klassen im Hinblick auf zwei Dimensionen konstruktivistischen Unterrichts geclustert wurden: „Fostering Autonomy (FA)“, d. h. inwiefern die Lehrperson ein reflexives, autonomes Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützt (z. B. durch die Förderung metakognitiven Denkens oder der Bereitstellung von Freiräumen und auf Konzeptwechsel fokussierenden Problemen), und „Structured Knowledge Acquisition (SKA)“, d. h. inwiefern die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler durch eine Strukturierung des Lernprozesses unterstützt (z. B. indem schrittweise aus wissenschaftlicher Sicht fehlerhafte Vorstellungen reinterpretiert werden). Die Anzahl an Clustern wurde mit einem hierarchischen Verfahren (Ward) bestimmt, die Einteilung erfolgte mit einem partitionierenden Verfahren (k-means). Die verschiedenen Cluster wurden auf Schülerebene (n=1192) mithilfe einer ANOVA und anschließenden Post hoc-Tests (Bonferroni) hinsichtlich zweier N(0,1)-standardisierter motivationaler Variablen verglichen: Relative Autonomy Index (RAI), ein Index berechnet aus verschiedenen, auf Self-determination-theory beruhenden Skalen, sowie Attitude (ATT), eine Skala, die beschreibt, wie gut die Schülerinnen und Schüler die Doppelstunde im Großen und Ganzen fanden (Helaakoski & Viiri, 2012).

Ergebnisse

Die Clusteranalyse ergab vier Cluster mit dem in Tabelle 1 dargestellten Muster. Relativ zur gesamten Stichprobe zeigten die Klassen in Cluster 4 durchschnittliche Werte im Hinblick auf die beiden Dimensionen konstruktivistischer Unterrichtsgestaltung „Fostering Autnomoy“ und „Structured Knowledge Acquisition“. Klassen in Cluster 1 sind charakterisiert durch eine unterdurchschnittliche Ausprägung in beiden Dimensionen. Unterricht in Cluster 2-Klassen zeichnet sich durch eine vergleichsweise hohe Ausprägung an Autonomie aus und Klassen aus Cluster 3 zeigen relativ hohe Werte sowohl für Autonomie als auch für Strukturierung.

Tab. 1: Ergebnisse der Clusteranalyse mit den N(0,1)-standardisierten Variablen „Fostering Autonomy“ und „Structured Knowledge Acquisition“.

	Beschreibung des Clusters	**Anzahl an Klassen**	**Clusterzentren**	
			FA_{stand}	**SKA_{stand}**
Cluster 1	Autonomie und Struktur niedrig	16	-0.68	-1.30
Cluster 2	Autonomie hoch	3	2.48	-0.26
Cluster 3	Autonomie und Struktur hoch	16	0.86	0.99
Cluster 4	Durchschnitt	25	-0.41	0.23

Die Varianzanalyse zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Clustern für beide motivationale Variablen. Konkret unterschied sich Cluster 1 von Cluster 2 und 3 hinsichtlich der Variable ATT und Cluster 1 von Cluster 3 im Hinblick auf RAI. Somit unterscheiden sich die Schülerinnen und Schüler in Klassen mit vergleichsweise hoher Autonomie und Strukturierung positiv in beiden motivationalen Variablen von den Schülerinnen und Schülern in Klassen mit vergleichsweise niedriger Ausprägung in den beiden Dimensionen konstruktivistischer Unterrichtsgestaltung.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu bedenken, dass die Aussagekraft durch verschiedene Faktoren beschränkt ist, z. B. durch die geringe Anzahl von Klassen in Cluster 3 und durch die unterschiedlich starke Repräsentation der Länder in den verschiedenen Clustern. Auch von einer Verallgemeinerung ist abzusehen, da es sich hier um eine explorative Studie handelt und schon das Thema der Doppelstunde einen großen Einfluss auf die unterrichtlichen Interaktionsmuster und die Motivation der Schülerinnen und Schüler haben kann (Seidel & Prenzel, 2006; Bathgate, Schunn & Correnti, 2014).

Fazit

Die explorative Clusteranalyse deutet daraufhin, dass in konstruktivistisch ausgeprägten Lernumgebungen eine Kombination von Autonomie *und* Struktur mit einer positiven Einschätzung der Motivation der Schülerinnen und Schüler einhergeht.

Dank
Wir danken Hans Fischer und Jouni Viiri und ihren Teams für die Bereitstellung von Daten aus dem QuIP-Projekt, ohne welche diese Sekundäranalyse nicht möglich gewesen wäre. Insbesondere möchten wir uns bei Jussi Heelakoski für die Entwicklung des Instrumentes und die Erhebung der Daten zur situationalen Motivation bedanken sowie bei Jouni Viiri für seine Rolle als critical friend.

Literatur

Bathgate, M. E., Schunn, C. D., & Correnti, R. (2014). Children's motivation toward science across contexts, manner of interaction, and topic. Science Education, 98(2), 189–215.

Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., & Viiri, J. (2014). Quality of instruction in physics: Comparing Finland, Germany and Switzerland. Münster: Waxmann.

Helaakoski, J., & Viiri, J. (2012). Developing an instrument to measure students' situational motivation. In H. Krzywacki, K. Juuti & J. Lampiselkä (Eds.), Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen ajankohtaista tutkimusta [Current research on mathematics and science education]. Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja. Ainedidaktisia tutkimuksia 2. Helsinki: Unigrafia, 147-167.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16, 235–266.

Seidel, T., & Prenzel, M. (2006). Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. Learning and Instruction, 16, 228–240.

Tobias, S., & Duffy, T. M. (Eds.). (2009). Constructivist Instruction: Success or Failure? New York: Routledge

von Arx, M. (2014). Constructivist approaches to teaching. In H. E., Fischer, P. Labudde, K. Neumann, & J. Viiri (Eds.), Quality of instruction in physics: Comparing Finland, Germany and Switzerland. Münster: Waxmann, 177-192.

Windschitl, M. (2002). Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural, and political challenges facing teachers. Review of Educational Research, 72, 131–175.

Fadime Karaböcek Goethe-Universität Frankfurt
Roger Erb

Survey Experimente
Der Einsatz von Experimenten im Physikunterricht

Ausgangslage und Untersuchungsinteresse

Das Promotionsprojekt „Einsatz von Experimenten im Physikunterricht“ (Karaböcek & Erb, 2013) greift die Fragestellung auf, welche Experimente typischerweise im Physikunterricht durchgeführt werden. Es wird beabsichtigt, eine tiefere Kenntnis über die Experimentierpraxis von Lehrkräften im Physikunterricht zu erhalten, nachdem durch Videostudien erste Einblicke möglich wurden. Über einzelne Unterthemen des Elektrizitätslehre-Unterrichts in Nordrhein-Westfalen sind detaillierte Beschreibungen möglich (Börlin, 2012), jedoch ist über den generellen Einsatz von Experimenten im Physikunterricht bislang wenig bekannt. Ziel der explorativen Studie – Survey Experimente – ist es, deskriptive Aussagen über den experimentellen Physikunterricht an Schulen zu erhalten.

Studiendesign und Methoden

Bei dem Survey Experimente handelt es sich um eine Querschnittsstudie. Dabei wurden Lehrkräfte mithilfe eines Online-Fragebogens zu dem Einsatz von Experimenten im eigenen Physikunterricht befragt[1]. Zur umfassenden Darstellung der Experimentierpraxis wurde ein Verfahren entwickelt, welches mit geringem zeitlichen Aufwand eine Erfassung der durchgeführten Experimente ermöglicht.

Zur Vorstrukturierung der großen Anzahl von möglichen Experimenten wurde durch Analyse von zwei Schulbüchern der Sekundarstufe I eine Liste von Schulexperimenten erstellt[2]. Dabei wurde jedes in den Schulbüchern dargestellte Experiment verzeichnet, sodass insgesamt 456 mögliche Experimente gelistet werden konnten. Geordnet sind die Experimente in einem mehrstufigen Kategoriensystem, welches sowohl eine fachliche Orientierung, als auch eine lerninhaltliche Orientierung nach dem hessischen Kerncurriculum bietet.

Tab. 1: Anzahl der Experimente zu den Themengebieten im Physikunterricht. Insgesamt 456 Experimente stehen den Lehrpersonen im Online-Fragebogen zur Auswahl zur Verfügung.

Themengebiet im Physikunterricht	N
Mechanik	160
Optik	73
Elektrizitätslehre/ Elektronik	147
Thermodynamik/ Wetterkunde	52
Atome, Kerne und Elementarteilchen	20
Energie und Umwelt	4
Gesamt	456

Dem Online-Fragebogen liegt diese Datenbank mit den kategorisierten möglichen Schulexperimenten zugrunde. Teilnehmende Lehrerinnen und Lehrer können während der Befragung auf diese Weise durch wenige Klicks durch die Kategorien zu dem Experiment gelangen, das sie durchgeführt haben und angeben möchten. Eine Suchfunktion für die Datenbank erleichtert die Eingabe. Zusätzlich steht für die Datenbank eine

[1] Der Fragebogen ist auf der Seite: www.survey-experimete.de zu finden. Zugang ist möglich mit dem Kennwort: *Newton.*

[2] Die Experimente wurden aus folgenden Schulbüchern exzerpiert: Dorn, Bader, Physik, Gymnasium Sekundarstufe I, Ausgabe 2001; Kuhn, Physik 1, Ausgabe 1996, Druck 2008

Erweiterungsfunktion zur Verfügung, wodurch nach Kontrolle durch die Projektleitung die Datenbank der Experimente erweitert werden kann. Eine mehrmalige Eingabe der durchgeführten Experimente ist für jeden Teilnehmenden möglich. Neben dem durchgeführten Experiment werden mit dem Fragebogen Klassifizierungsvariablen wie Klassenstufe, Organisationsform, Durchführungsart, Auswertemethodik und Unterrichtsphase erhoben. Die Verteilung der Experimente aus der Schulbuchanalyse ist in Tabelle 1 zu sehen.
Verteilt auf das gesamte Bundesgebiet, jedoch zu einem Drittel im Bundesland Hessen, wurden im zweiten Schulhalbjahr 2013/2014 Schulen angeschrieben und die dortigen Physiklehrkräfte aufgefordert, die in den letzten zwei Unterrichtswochen durchgeführten Experimente in dem Survey-Fragebogen anzugeben. Die deskriptive Auswertung erfolgt über Kreuztabellen.

Exemplarische Ergebnisse der ersten Erhebungsphase
Die Gelegenheitsstichprobe umfasste zum 05.09.2014 insgesamt 686 Einträge, mit denen Lehrerinnen und Lehrern durchgeführte Experimente angegeben haben.
Ein großer Teil dieser Experimente (n = 241) wurde von Lehrkräften in Hessen durchgeführt.

Tab. 2: Verteilung der angegeben 686 Experimente auf Schulform, Klassenstufe und Unterrichtserfahrung der angebenden Lehrpersonen in Jahren.

Schulform	**Haupt-schule**	**Real-schule**	**Gesamt-schule**	**Gymnasium**	**Berufliche Schulen**	**Andere**	**K.A.**	**Σ**
Anzahl N	8	76	89	289	14	31	179	686
Klasse	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**K.A.**	**Σ**
Anzahl N	15	52	159	156	119	15	173	686
U-Erfahrung Lehrp. [a]	**0 - 5**	**6 - 10**	**11 - 20**	**> 20**			**K.A.**	**Σ**
Anzahl N	164	100	95	138			189	686

Im Fragebogen wurden keine personalisierten Daten der eintragenden Lehrerinnen und Lehrer gespeichert, sodass eine experimentbezogene Auswertung, aber keine Auswertung bezüglich der Lehrperson durchgeführt werden kann. Wie in Tabelle 2 zu sehen, konzentrieren sich die angegebenen Experimente eher auf den gymnasialen Physikunterricht.
Besonders häufig wurden Angaben zu Experimenten aus der siebten bis neunten Klassenstufe gemacht. Der Großteil der eintragenden Lehrkräfte gibt an, mehr als sechs Jahre Unterrichtserfahrung zu haben. Dies kann als Anzeichen für routinierte Experimentatoren gedeutet werden.

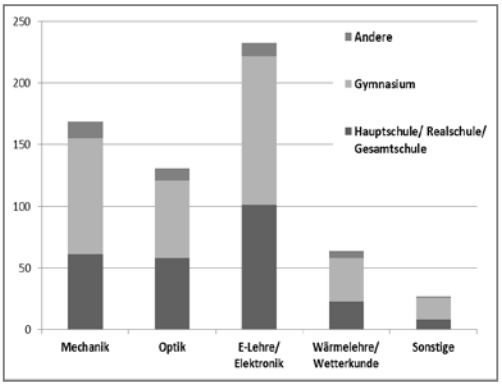


Abb. 1: *Angegebene Experimente N=679 verteilt auf Themengebiete im Physikunterricht und die Schulformen.*

Während der Befragung zeigte sich, dass die vorgegebenen 456 Experimente aus der Datenbank eine gute Grundlage für die Betrachtung der Experimentiersituation aus der Sekundarstufe I darstellen. Nur in 44 Fällen wurde von der Möglichkeit der Ergänzung von Experimenten Gebrauch gemacht.

Bei der Betrachtung der Angaben verteilt auf die Themengebiete und die Schulformen ist festzustellen, dass insgesamt ca. 190 Experimente aus der Elektrizitätslehre stammen. Experimente aus Mechanik und Optik, die zu den Themen im Physikunterricht gehören, die neben der Elektrizitätslehre ebenfalls einen hohen experimentellen Stellenwert in den Lehrplänen der Sekundarstufe I haben (Dickmann & Theyßen, 2013), liegen zahlenmäßig weit unter denen der E-Lehre.

Exemplarisch soll hier die Verteilung der Themengebiete zusammen mit der Organisationsform während des Experimentierens betrachtet werden (Abb. 2). Zur Auswahl für die Organisationsform standen den Lehrkräften die Angaben „Schülerexperiment“, „Demonstrationsexperiment“, „Projektarbeit“ und „Andere“ zur Verfügung, wobei beim Demonstrationsexperiment keine Unterscheidung gemacht wurde, wer in diesem Fall handelt. Die Daten zeigen eine Tendenz für mehr Demonstrationsexperimente über alle Themengebiete hinweg. Bei insgesamt 679 angegebenen Experimenten wurden ca. 36 % als Schülerexperiment und ca. 56 % als Demonstrationsexperiment eingetragen. Dieser Trend bleibt auch bei der nach Schulformen differenzierten Betrachtung bestehen. Es lässt sich keine Schulform bzw. kein Themengebiet feststellen, bei dem mehr Schülerexperimente angegeben wurden als Demoexperimente.

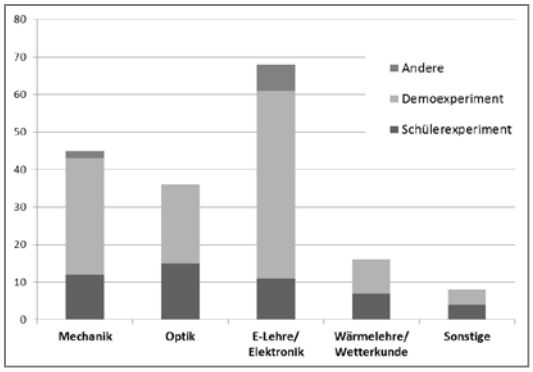


***Abb. 2**: Verteilung aller angegebenen Experimente N = 679 auf Themengebiete und Organisationsform.*

Zusammenfassung und Ausblick

Die Betrachtung des Einsatzes von Experimenten im alltäglichen Schulunterricht zeigt sich als besonders lohnenswert und mit dem genannten Instrument durchführbar. Auf Grundlage der jetzigen Stichprobe zeigt sich ein vermehrter Einsatz von Experimenten im E-Lehre-Unterricht. Zugleich scheinen Demonstrationsexperimente von Lehrpersonen über alle Themengebiete hinweg bevorzugt zu werden. Die bisherigen Daten beziehen sich vorwiegend auf das zweite Schulhalbjahr 2013/2014, weshalb die Auswertung eher als eine Momentaufnahme zu sehen ist. Um einen umfangreicheren Einblick in die eingesetzten Experimente zu erhalten, wird die Erhebung im Schuljahr 2014/2015 fortgesetzt.

Literatur

Börlin, J. (2012): Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Berlin: Logos Berlin (132).

Dickmann, M. & Theyßen, H. (2013). Curriculare Validität von Units zur Messung experimenteller Kompetenz. In: S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 587-589). Kiel: IPN-Verlag.

Dorn, F. & Bader, F. (2001). Physik (Mittelstufe). Schroedel Verlag.

Karaböcek, F. & Erb, R. (2013): Experimentieren im Physikunterricht: Welche Ziele verbinden Lehrkräfte mit dem Experimentieren? In: Helmuth Grötzenbauch, Volkhard Nordmeier (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beitrag DD 17.43.

Kuhn, W. (Hrsg.). (2008). Kuhn Physik 1. Braunschweig: Westermann.

Alexander F. Koch
Claudia Stübi
Irene Felchlin
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Swiss Science Education - Innovative Unterrichtsentwicklung an Schulen

SWiSE - Swiss Science Education/Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz ist eine gemeinsame Initiative von mehreren Bildungsinstitutionen der Deutschschweiz. Im Fokus steht die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts in der obligatorischen Schule und im Kindergarten. Insbesondere soll selbstständiges und forschend-entdeckendes Lernen gefördert werden. Neben Weiterbildungsmodulen und Innovationstagen werden Schulen aus verschiedenen Kantonen der Deutschschweiz in einem Modellversuch vernetzt, begleitet und wissenschaftlich evaluiert.

Fachdidaktik - Bildungsforschung - Unterrichtspraxis
Ausgehend von Karl-Oswald Bauers (2009) Leitgedanken, dass Evaluationen einen Zusammenhang zwischen pädagogischen und fachdidaktischen Entscheidungen und Handlungen einerseits, diesen Handlungen zugeschriebenen Effekten andererseits herstellen (S. 75), sowie der Annahme, dass Schul- und Unterrichtsentwicklung auf der Ebene von Lehrpersonen in einem Aktions-Reflexions-Kreislauf stattfinden kann (Altrichter & Posch, 2007), kann in SWiSE die professionelle Entwicklung von Lehrpersonen in hierarchisch-kaskadierten Rückmeldeprozessen modelliert werden. Dabei fungiert die Fachdidaktik als Indikator und Initiatorin zur aktiven Professionalisierung, indem sie verarbeitetes Wissen der Bildungsforschung im Sinne einer problemlösenden sozialen Intervention bereitstellt (French & Bell, 1990), die Lehrpersonen zu Unterrichtshandeln befähigt, was wiederum mit Instrumentarien der Bildungsforschung erfasst werden kann. In dieser interdisziplinären Schachtelung, so wird argumentiert, lassen sich Schul- wie Unterrichtsentwicklungsprozesse praxisgerecht durchführen. SWiSE leistet so einen Beitrag zur Förderung interdisziplinärer Praxisforschung, schließt an die Überlegungen Bauers, Altrichters und Poschs an und erlaubt, vielschichtige Fragestellungen in der praxisgeleiteten Forschung und der Ökologie der Schul- und Unterrichtsentwicklung zu stellen sowie deren Antworten näherzukommen. In diesem Kontext beabsichtigt der Modellversuch durch praxisbegleitende Fortbildung und Coaching, den Erwerb sowie die Umsetzung fachspezifischer und unterrichtsrelevanter Kompetenzen zu unterstützen, Netzwerkaktivitäten zu lancieren sowie übergreifend den Mehrwert im Mechanismus aus Forschung, Praxis und Pädagogik in den Bereichen Naturwissenschaftlicher Unterricht, Bildungsforschung und Fachdidaktik hervorzuheben.

Lehrpersonen
Wissen und Kompetenzentwicklung - Um Schülerinnen und Schüler durch forschend-entdeckenden Unterricht stärker für die Naturwissenschaften zu begeistern und ihr langfristiges Interesse zu stärken, sollten Lehrpersonen über Lehrkompetenzen verfügen und diese in der Unterrichtspraxis umsetzen.
Die Wissenstrias Pedagogical Knowledge, Content Knowledge und Pedagogical Content Knowledge nach Shulman (1987) hat sich in der Bildungsforschung etabliert. Lehrende in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern sollten daher nicht nur über fachliches und methodisches Wissen verfügen, sondern dieses auch fachdidaktisch aufbereitet und lernförderlich im Unterricht zur Anwendung bringen. Besonders wichtig erscheint dies, wenn es um forschend-entdeckendes oder problembasiertes Lernen geht, bei dem die Lehrperson sehr gut begleiten sollte, ohne aber dabei zu einschränkend zu strukturieren oder

Entdeckungsmöglichkeiten zu verhindern (Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007; Möller et al., 2006; Reiser, 2004; Savery, 2006).
Innovation und Kooperation - Zudem hält SWiSE die beteiligten Lehrpersonen dazu an, eine Kultur der Innovation und Kooperation aufzubauen und zu pflegen. Hierbei trägt SWiSE dem Umstand Rechnung, dass Lehrpersonen häufig durch kritische, individuelle Reflexion und durch Erfahrungen ihrer Kolleginnen und Kollegen lernen (Meirink et al., 2009) und stellt die Vernetzungsaktivitäten der Lehrpersonen als Teil professioneller Weiterentwicklung (Hofman & Dijkstra, 2010) in den Vordergrund. Gräsel et al. (2006) unterscheiden drei Formen der Zusammenarbeit: Austausch, Synchronisation und Kokonstruktion. Diese können nach Inhalt, Nutzung und Nutzen sowie der Wirkung von Kooperation für den individuellen Unterricht untersucht werden. Neben der kooperativen Weiterentwicklung der Lehrpersonen wird die Annahme formuliert, dass selbstgesteuerte und individuell unmittelbar relevante Kompetenzentwicklung durch Eigenreflektion positiven handlungsleitenden Einfluss auf den Unterrichtsaufbau hat.

Schülerinnen und Schüler
Motivation und Lernfreude - Gerade forschend-entdeckendes Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern scheint einen besonderen Lerneffekt bei Schülerinnen und Schülern hervorzurufen, wenn dieses Lernarrangement von der Lehrperson angemessen begleitet wird (Kirschner et al., 2006). Im Optimalfall gehen die Schülerinnen und Schüler laut Höttecke (2010) von eigenen Fragen aus und lösen diese mittels ihres Vorwissens und eigenen empirischen Erkenntnissen. Letztlich "generieren und präzisieren [sie] neue Fragen oder Probleme, die weiteres forschend-entdeckendes Lernen motivieren.“ (Höttecke, 2010, S. 5).
Solches Neugier- bzw. Explorationsverhalten kann als Wirksamkeitsmotivation (White, 1959) oder Kompetenzstreben (Deci & Ryan, 1990, 2000) beschrieben werden, „das zur Erkundung und Bewältigung unbekannter Umwelten führt und entsprechende Lernprozesse initiiert“ (Krapp, 2005, S. 43). Im Sinne dieses Kompetenzerwerbs steigert die intrinsische Motivation „die Bereitschaft zu länger anhaltendem, selbstgesteuertem Lernen“ (Krapp, 2005, S. 23). Sehr hohe Autonomieorientierung mit sehr starkem Kontroll- und Kompetenzempfinden kann womöglich mit so hohem Engagement zusammenfallen, dass aufgrund starker Tätigkeitsfokussierung sogar ein Gefühl des völligen Aufgehens in der Tätigkeit resultiert, dem Flow (Csikszentmihalyi, 2008). Oder wie Deci & Ryan (1990) es beschreiben: „When people are intrinsically motivated, they experience interest and enjoyment, they feel competent and self-determining, they perceive the locus of causality for their behavior to be internal, and in some instances they experience flow“ (S. 34).
In Bezug auf die Veränderung der Unterrichtsgestaltung hin zu einem schülerinnen- und schülerorientierten Lehrerhandeln, das Lernfreude und Motivation hervorruft, zielt SWiSE auf die Initiation solcher Prozesse ab und versucht mittels Weiterbildungsangebote und persönlicher Betreuung von Lehrpersonen, Wege zur Weiterentwicklung aufzuzeigen.

Wissenschaftliche Leistung des Modellversuchs SWiSE
Nach Solga (2008, S. 333) umfasst Evaluation „sämtliche Aktivitäten zur Qualitäts- und Erfolgskontrolle einer Personalentwicklungsmaßnahme: Sie dient der Bewertung der inhaltlichen und didaktischen Konzeption, der Durchführung, der Wirksamkeit und der Wirtschaftlichkeit des Programms.“ Für wissenschaftliche Evaluation bedeutet das die Anwendung wissenschaftlicher Forschungsmethoden zur Bewertung des Erfolgs von Interventionsprogrammen (Bortz & Döring, 2006). In der SWiSE-Evaluation verfolgen wir genau diese Ziele. Die Projektevaluation ist so angelegt, dass sie wissenschaftlichen Kriterien entspricht und dennoch zielgruppenangepasst und ökonomisch ist. Inhaltlich werden regelmäßig per Fragebogen Aspekte wie Einstellungen, Schulklima, Unterrichtshandeln

usw. bei Lehrpersonen erfragt, aber auch die Sicht der Schülerinnen und Schüler auf den Unterricht erfasst und die Schulleitung zu unterstützenden Maßnahmen befragt. Unser Evaluationsmodell orientiert sich dabei am theoretischen Rahmen zur Evaluation von Praxisstudien nach Huber (2011). So kann SWiSE sowohl eine praxisorientierte Projektbewertung anstreben, als auch im Rahmen wissenschaftlicher Standards Aussagen über wichtige Zusammenhänge des Schulalltags wie auch Fragen der empirischen Bildungsforschung beantworten.

Literatur

Altrichter, H., & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. (4 ed.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Bauer, K.-O. (2009). Professionelles Selbst und Evaluation. In K.-O. Bauer & N. Logemann (Eds.), Kompetenzmodelle und Unterrichtsentwicklung (pp. 75-112). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Bortz, J., & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer.

Csikszentmihalyi, M. (2008). Flow. Das Geheimnis des Glücks. Stuttgart: Klett-Cotta.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1990). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior (3rd printing ed.). New York, NY [u.a.]: Plenum Press.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. Psychological Enquiry, 11(4), 227-268.

French, W. L., & Bell, C. H. (1990). Organisationsentwicklung. Sozialwissenschaftliche Strategien zur Organisationsveränderung. (4 ed.). Bern: Haupt.

Gräsel, C., Fussnagel, K., & Pröbstel, C. (2006). Encourage teachers to co-operate - a task for Sisyphus? [Article in German]. Zeitschrift für Pädagogik, 52(2), 205-219.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist, 42(2), 99-107.

Hofman, R. H., & Dijkstra, B. J. (2010). Effective Teacher Professionalization in Networks? Teaching and Teacher Education: An International Journal of Research and Studies.

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 21, 4-11.

Huber, S. G. (2011). The impact of professional development: a theoretical model for empirical research, evaluation, planning and conducting training and development programmes. Professional Development in Education, 37(5), 837-853.

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.

Krapp, A. (2005). Psychologische Bedürfnisse und Interesse. Theoretische Überlegungen und praktische Schlussfolgerungen. In R. Vollmeyer & J. Brunstein (Eds.), Motivationspsychologie und ihre Anwendung. (pp. 23-38). Stuttgart: Kohlhammer.

Meirink, J. A., Meijer, P. C., Verloop, N., & Bergen, T. C. M. (2009). How Do Teachers Learn in the Workplace? An Examination of Teacher Learning Activities. European Journal of Teacher Education.

Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T., & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaft in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptionellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua. (pp. 161-193). Münster: Waxmann.

Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. The Journal of the Learning Sciences, 13(3), 273-304.

Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 1(1), 9-20.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 1-21.

Solga, M. (2008). Evaluation der Personalentwicklung. In J. Ryschka, M. Solga & A. Mattenklott (Eds.), Praxishandbuch Personalentwicklung. Instrumente, Konzepte, Beispiele (pp. 333-363 %W EB-331). Wiesbaden: Gabler.

White, R. W. (1959). Motivation Reconsidered: The Concept of Competence. Psychological Review, 66(5), 297-333.

Claudia Stübi
Peter Labudde
Irene Felchlin
Alexander F. Koch

Pädagogische Hochschule FHNW

SWiSE vereint Modellschulen, Hochschulen und Kultusministerien

In SWiSE engagieren sich Modellschulen, Hochschulen, Institute der Schulentwicklung und Behörden gemeinsam für die Weiterentwicklung der naturwissenschaftlich-technischen Bildung. Die Vernetzung von Lehrpersonen, Schulen, Dozierenden und Forschenden der Fachdidaktik und Verantwortlichen in den Bildungsministerien fördert die gemeinsame Entwicklung und Verbreitung von Unterrichtsmaterialien und Schulprojekten. Zudem verfolgt sie das Ziel, in der föderalistischen Schweiz einen unterstützenden Beitrag zur Harmonisierung zwischen den Kantonen und zur Einführung des neuen gesamtdeutsch-schweizer Curriculums (Lehrplan 21) zu leisten. Die Kooperation zwischen Schulpraxis, Weiterbildung, Forschung und Politik regt den Dialog und die gemeinsame Weiterentwicklung auf verschiedenen Ebenen an.

Rahmenbedingungen der Kooperation
SWiSE ist eine gemeinsame Initiative von elf deutschschweizer Bildungsinstitutionen: der Pädagogischen Hochschulen PH Bern, PH FHNW, PH Luzern, PH Schwyz, PH St. Gallen, PH Thurgau und PH Zürich, weiter des Instituts Unterstrass an der PH Zürich, des Swiss Science Center Technorama und der Weiterbildungsstellen PZ. BS Basel-Stadt und FEBL Basel-Landschaft. Die Initiative hat zum Ziel, bei 4- bis 16-Jährigen das Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu entwickeln, altersgemäße Zugänge zu erschließen und das selbstständige, forschend-entdeckende Lernen zu fördern. Das Projekt setzt mit seinem Angebot an Weiterbildungen und Schul- und Unterrichtsentwicklungen auf der Ebene der Lehrpersonen und Schulen von Kindergarten bis Sekundarstufe 1 an. Diese werden dabei unterstützt, den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zu reflektieren und qualitativ weiterzuentwickeln, Wege zu einem kompetenzorientierten Unterricht zu beschreiten, den Erfahrungsaustausch mit anderen Schulen zu pflegen und Netzwerke aufzubauen.

Die vier Hauptangebote von SWiSE umfassen:
- Innovationstag naturwissenschaftlich-technischer Unterricht (jährlich seit 2010)
- Weiterbildungsmodule und Holangebote für Schulen (seit 2010)
- Zertifikatslehrgang (seit 2013)
- Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt SWiSE-Schulen (seit 2012)

Das Projekt SWiSE wurde im Jahr 2009 konzipiert und seither durch verschiedene Gremien gesteuert und weiterentwickelt. Ein zentrales Merkmal ist die Kooperation der beteiligten Institutionen und Bildungsdepartementen über die Kantonsgrenzen hinaus: Zwischen den verschiedenen deutschschweizer Zentren für Fachdidaktik und Forschung im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung werden fachdidaktische Diskussionen geführt, die das gemeinsame Verständnis festigen und Erfahrungen und Erkenntnisse verbreiten. Zusammen mit den deutschschweizer Bildungsdepartementen werden kooperative Teilprojekte und Weiterbildungsangebote in regelmäßigen Treffen geplant und realisiert.

Das kooperative Teilprojekt SWiSE-Schulen
Im Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt SWiSE-Schulen werden Kindergärten und Volksschulen dabei unterstützt, ihren individuellen Bedürfnissen entsprechende Weiter-

entwicklungen mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaft und Technik zu realisieren. Die 62 beteiligten Schulen, davon 20 Kindergärten/Primarschulen, 39 Sekundarschulen und 3 Gesamtschulen, verteilen sich auf die sechs Regionen Basel, Bern, Ostschweiz, Solothurn/ Aargau, Zentralschweiz und Zürich. In den drei Schuljahren 2012 bis 2015 verpflichten sich pro Schule zwei sogenannte SWiSE-Lehrpersonen zu einem besonderen Engagement für die naturwissenschaftlich-technischen Bildung an ihrer Schule und erhalten dafür eine Unterrichtsentlastung aus kantonalen Mitteln und Beiträgen der Stiftung Mercator Schweiz, der AVINA-Stiftung und der Ernst Göhner Stiftung.

Zu Projektbeginn machten die SWiSE-Lehrpersonen eine Standortbestimmung bezüglich ihres eigenen Unterrichts und der gesamten Schule. Zusammen mit ihrer Schulleitung definierten sie individuelle und gesamtschulische, kurz- und langfristige Ziele in den Bereichen selbständig, forschend-entdeckendes Lernen, Kompetenzorientierung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE). Während der Projektdauer besuchen die SWiSE-Lehrpersonen ihren Bedürfnissen entsprechende Weiterbildungsmodule und nehmen an Praxistreffen und anderen SWiSE-Veranstaltungen teil. Zudem setzen sie Maßnahmen auf der Ebene der Schulentwicklung, der kollegialen Zusammenarbeit und der Multiplikation um, tragen so wesentlich zur Schul- und Unterrichtsentwicklung an ihrer Schule bei und setzen wichtige und nachhaltige Impulse.

Die SWiSE-Schulleitungen und SWiSE-Lehrpersonen werden bei ihrer Arbeit von Fachpersonen aus der Naturwissenschaftsdidaktik, Schulentwicklung und Bildungspolitik begleitet und unterstützt. Sie vernetzen sich mit Weiterbildungsinstitutionen und außerschulischen Lernorten sowie anderen Schulen und Lehrpersonen aller Schulstufen und Regionen der Deutschschweiz. Gemeinsam gehen sie die Herausforderungen des täglichen Unterrichtens und der bildungspolitischen Veränderungen an, tasten sich an die Inhalte und Anforderungen des Lehrplans 21 heran und werten erste Erfahrungen mit kompetenzorientiertem Unterrichten und Beurteilen aus.

Die SWiSE-Schulen bilden Kristallisationskeime, von deren Ideen und Erfahrungen andere Lehrpersonen und Schulen profitieren können. Erkenntnisse, Projekte und Unterrichtsmaterialien werden im Rahmen von Innovationstagen, Praxistreffen und in Weiterbildungsmodulen weitergegeben.

Mit Kooperation den Herausforderungen begegnen

Eine große Herausforderung für das Projekt ist die Heterogenität der beteiligten SWiSE-Schulen. Die Unterschiede beziehen sich nicht nur auf den Qualitätsstand des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts und der Infrastruktur vor Ort, sondern auch auf die Bedürfnisse und Anliegen gegenüber dem Projekt SWiSE.

Um eine bestmögliche Wirkung an den Schulen zu erzielen, setzt SWiSE auf einen hohen Grad an individualisierten Angeboten, eine möglichst schlanke Rückmeldekultur, eine prozessbegleitende Evaluation und eine teils rollende Planung. Diese Maßnahmen verlangen ein stabiles Netzwerk, in dem Expertisen aus den verschiedenen involvieren Bereichen zusammenkommen und unmittelbare, direkte Kontakte auf Augenhöhe, die einen gegenseitigen Erfahrungsaustausch ermöglichen.

Es hat sich deutlich gezeigt, wie wichtig das Netzwerk für den Erfolg des Projektes ist. Die Qualitätsförderung, der rege und nachhaltige Austausch und auch das Bewerben von Angeboten gelingen hauptsächlich über individuelle Kontakte.
Einerseits auf der Ebene der Lehrpersonen: Begegnungen in einem Atelier am Innovations-

tag, an Vernetzungstreffen von Schulen, in einem Weiterbildungsmodul oder im Zertifikatslehrgang haben neben einem Erfahrungsaustausch vor Ort auch zu selbst initiiertem, bilateralem Austausch von Materialien und zu gegenseitigen Besuchen geführt. Dabei kommen SWiSE-Lehrpersonen miteinander in Kontakt, aber auch mit weiteren Lehrpersonen und Schulen, die von ihrer besonderen Auseinandersetzung mit forschend-entdeckendem Unterricht und der Entwicklung der Schule profitieren können.

Äußerst wichtig sind andererseits die guten Beziehungen zwischen den Mitgliedern der SWiSE-Gremien und auch ihre Nähe zu den Lehrpersonen. Über das starke Netzwerk, welches geprägt ist durch gemeinsame Ziele und ein hohes Engagement der Beteiligten, werden viele Informationen über Bedürfnisse und Voraussetzungen einzelner Lehrpersonen, Schulen oder Regionen weitergegeben und diese können somit individuell gefördert werden. Die gesteigerte Zusammenarbeit der Beteiligten konnte auch durch die interne Evaluation gezeigt werden. So veränderte sich die Zusammenarbeit bei den SWiSE-Lehrpersonen vom reinen Austausch zu einer stärkeren Ko-Konstruktion.

Irene Felchlin
Alexander Koch
Claudia Stübi
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Förderung der naturwissenschaftlichen Grundkompetenzen bei SWiSE

Neben fachspezifischen Fertigkeiten und Fertigkeiten ist gemäss Weinert (2001) für kompetenzoriertiertes Lernen in den Naturwissenschaften besonders die motivationale und volitionale Bereitschaft der Lernenden zu berücksichtigen. Dabei kann selbstgesteuertes Lernen im Unterricht das Interesse an Naturwissenschaften bei Jugendlichen steigern (Ferdinand, 2007) und das Lernen insgesamt unterstützen (Reinman & Mandl, 2006). Forschend-entdeckendes Lernen fördert prozessbezogene Kompetenzen und kann zu einem naturwissenschaftlichen Verständnis beitragen (Höttecke, 2010). Die prozessbezogenen Kompetenzen sind auch im schweizerischen Kompetenzmodell für Naturwissenschaften definiert, welches die Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) im Rahmen von HarmoS (Harmonisierung der obligatorischen Schule) erstellt hat (Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+, 2008). Es besteht aus einer dreidimensionalen Matrix mit einer Achse der Handlungsaspekte, auch als Kompetenzaspekte bezeichnet, der Themenbereiche (Inhalte) und der Niveaus (Anforderungsniveaus). Die Kompetenzaspekte sind:

- Interesse und Neugierde entwickeln
- Fragen und Untersuchen
- Informationen Erschließen
- Ordnen, Strukturieren, Modellieren
- Einschätzen und Beurteilen
- Entwickeln und Umsetzen
- Mitteilen und Austauschen
- Eigenständig arbeiten.

SWiSE will den kompetenzorientierten Unterricht, das selbstständige und forschend-entdeckende Lernen bei SuS fördern. Das Kompetenzmodell spielt hierbei eine wichtige Rolle. Es stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenzaspekte im Unterricht auf die Lernfreude, die intrinsische Motivation und das Interesse für Naturwissenschaften bei SuS haben.

Methode

Die SuS der 3.–9. Klasse wurden unter anderem zur Lernmotivation (Freude, Langeweile, Jerusalem et al., 2009), zu intrinsischer Motivation (Eigenkonstruktion) und zur Relevanz des Fachs (bspw. Buff et al., 2010) befragt (Tabelle 1). Sie nahmen zudem Stellung dazu, ob in ihrem Unterricht die Kompetenzaspekte vorkommen und sie Gelegenheit haben, diese Kompetenzen zu lernen. Alle Aussagen wurden auf einer 4-stufigen Likert-Skala bewertet (1 = trifft überhaupt nicht zu; 2 = trifft eher nicht zu; 3 = trifft eher zu; 4 = trifft völlig zu).

Tabelle 1: Itembeispiele für die psychosozialen Konstrukte Lernfreude, intrinsische Motivation und Relevanz des Fachs

Konstrukt	**Item**
Intrinsische Motivation	Naturkunde ist interessant.
	Ich gehe gerne in den Naturkundeunterricht.
Lernfreude	Ich habe Spass daran, im Naturkundeunterricht neue Dinge zu lernen.
	Den Naturkundeunterricht finde ich oft langweilig.
Relevanz des Fachs	Naturkunde ist mir unwichtig.
	Naturkundeunterricht bedeutet mir viel.

Tabelle 2: Itembeispiele für die Konstrukte der Kompetenzaspekte

Konstrukt	Item
	Im Naturkundeunterricht ...
Fragen und untersuchen	suchen wir eigene Lösungen und Antworten.
	besprechen wir Experimente, die wir gemacht haben.
Ordnen, strukturieren, modellieren	besprechen wir Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Dingen und Phänomenen.
	machen wir selbst Skizzen und Tabellen.
Mitteilen und austauschen	tragen wir Gruppenarbeiten vor der ganzen Klasse vor.
	diskutieren wir in der Klasse Arbeiten gemeinsam.

Stichprobe und Resultate

Die Stichprobe umfasste 2882 SuS (52 % weiblich, 48 % männlich) wobei 20 % die Primarstufe (3.-6. Klasse) und 80 % die Sek-I-Stufe (7.-9. Klasse) besuchten. Das Cronbach-α für die aufgeführten Skalen der psychosozialen Konstrukte liegt zwischen .81 und .89, bei den Konstrukten der Kompetenzaspekte zwischen .53 und .68. Die Befragungen zeigen, dass die SuS den Einbezug der Kompetenzaspekte im Unterricht als mittelmässig beurteilen ($2.5<AM<2.9$). Dabei sind die Unterschiede bei den Konstrukten „Informationen erschliessen" und „mitteilen und austauschen" zwischen den SuS der Primarstufe und der Sek-I-Stufe signifikant, wobei die SuS der Sek-I-Stufe diese Handlungsaspekte in ihrem Unterricht geringer einschätzen. Bei der Einschätzung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zeigen sich bei der Lernfreude signifikante Unterschiede zwischen SuS ($AM_{weib.}=2.8$, $AM_{männ.}=3.0$, $p<0.001$). Zudem nehmen die Lernfreude und das naturwissenschaftliche Interesse von der Primarstufe zur Sek-I-Stufe ab.

Aus der Tabelle 3 ist zu entnehmen, welchen Einfluss die naturwissenschaftlichen Kompetenzaspekte auf die psychosozialen Konstrukte haben. Dabei zeigt sich, dass 20 % der Varianz der intrinsischen Motivation durch die Kompetenzaspekte erklärt werden können, bei der Lernfreude sind es noch 16 % und bei der Einschätzung der Relevanz des Fachs 13 %. Signifikanten Einfluss auf alle betrachteten Konstrukte haben die Prädikatoren „fragen und untersuchen", „Informationen erschliessen", „einschätzen und beurteilen" und „mitteilen und austauschen".

Tabelle 3: Einfluss der Kompetenzaspekte auf die intrinsische Motivation, die Lernfreude und die Relevanz des Fachs

Kompetenzaspekte	Intrinsische Motivation	Lernfreude	Relevanz des Fachs
R^2	.20	.16	.13
Fragen und untersuchen	.14**	.14**	.10**
Informationen erschließen	.10**	.08**	.08*
Ordnen, strukturieren , modellieren	n.s.	.05*	n.s.
Einschätzen und beurteilen	.12**	.06*	.06*
Entwickeln und umsetzen	n.s.	.09**	n.s.
Mitteilen und austauschen	.13**	.18**	.14**

*: p<.01; **: p<.001; n.s.: nicht signifikant

Diskussion

Die Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Kompetenzaspekte im Unterricht kann sich bei den SuS positiv auf die Lernfreude, die intrinsische Motivation und die Einschätzung der Wichtigkeit des Fachs auswirken. Dies weist darauf hin, dass mit kompetenzorientiertem Unterricht nicht nur die naturwissenschaftlichen Kompetenzen gefördert werden können, sondern dass das Interesse an den Naturwissenschaften gleichzeitig gesteigert werden kann. Gelingt es, die Kompetenzaspekte vermehrt im naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren, kann allenfalls die abnehmende Motivation und Lernfreude der SuS der 7.-9. Klasse gebremst werden.

Die Kompetenzaspekte, die Kommunikation einbeziehen, zeigen die größten Chancen zur Steigerung der Motivation und der Lernfreude. Wie Duit et al. (2004) darlegen, sind für das naturwissenschaftliche Verständnis u. a. Aspekte wie Recherchieren, Kommunizieren und Argumentieren wesentlich. Wie Parker und Rennie (2002) darlegen, kann durch Beachtung eines gendergerechten Unterrichts mit verstärkter Möglichkeit zur Kommunikation, Aushandlung, Diskussion und aktiver Beteiligung der SuS deren Selbstkonzept gesteigert werden. Und wie Resultate der SWiSE-Befragung bei den SuS zeigen, steht das Selbstkonzept in positiver Korrelation zur Motivation und Lernfreude.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass SWiSE gute Voraussetzungen bietet, die Motivation und die Lernfreude bei SuS für Naturwissenschaften zu steigern, wenn es gelingt, die verschiedenen naturwissenschaftlichen Grundkompetenzen in den Unterricht einzubinden.

Literatur

Buff, A., Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Die Qualität der Lernmotivation in Mathematik auf Basis freier Äusserungen: Welches Bild präsentiert sich bei Deutschschweizer Schülerinnen und Schülern im 8. und 9. Schuljahr? In K. Reusser, C. Pauli & M. Waldis (Hrsg.), Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen Videostudie zum Mathematikunterricht. (253–278). Münster: Waxmann

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5–10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Ferdinand, P. (2007). Selbstgesteuertes Lernen in den Naturwissenschaften. Eine Intervenstionsstudie zu den kognitiven und motivationalen Effekten eines Blendend Learning Ansatzes. Hamburg: Kovac

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 19, 4–14.

Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+ (2008). HarmoS Naturwissenschaften+: Wissenschaftlicher Schlussbericht. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren

Jerusalem, M., Drössler, S., Kleine, D., Klein-Hessling, J., Mittag, W., & Röder, B. (2009). Förderung von Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung im Unterricht. […]. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.

Parker, L., Rennie, L. (2002). Teachers' implementation of gender-incklusive instructional strategies in single-sex and mixed-sex science classrooms. In International Journal of Science Education 24 (9), 881-897

Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), Pädagogische Psychologie, 613–658. Weinheim, Basel: Beltz Verlag

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessung in Schulen, 17–31. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Alexander F. Koch
Irene Felchlin
Claudia Stübi
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Handlungsnahe Kognitionen im Naturwissenschaftsunterricht

Überzeugungen zum Unterricht sowie handlungsnahe Kognitionen können sich kulturell (z. B. Leuchter et al., 2006), aber auch zwischen Fachrichtungen (z. B. Korneck et al., 2013) unterscheiden. Kunter et al. (2013) konnten für den Mathematikunterricht zeigen, dass Pedagogical Content Knowledge (PCK) sowohl relevant für die kognitive Aktivierung von Schülerinnen und Schülern (SuS) ist (β=.25, R^2=.06), als auch für lernunterstützendes Lehrerhandeln (β=.32, R^2=.30). Dieser Beitrag geht der Frage nach, wie Unterrichtshandeln auf Ebene der Lehrperson erfasst werden kann und versucht die Ergebnisse von Kunter et al. (2013) für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Deutschschweiz zu replizieren. Die Hypothese lautet, dass PCK prädiktiv für konstruktivistisches Unterrichtshandeln ist. Zur Operationalisierung von Unterrichtshandeln stützen wir uns auf Fishbein & Ajzen (2010), die angeben, dass eine Selbsteinschätzung ein guter Proxy für tatsächliches und insbesondere generelles Handeln ist.

Erhebungsmethode und Variablen

Die Datenerhebung war online-basiert. Per Fragebogen wurde konstruktivistisches Unterrichten (KU) mit 11 Items erfasst. Diese Items stammen aus den ursprünglichen Skalen *konstruktivistisch orientiertes Unterrichten* und *SWiSE-Ziele* im Projekt Swiss Science Education (siehe Koch et al., 2014). Die Überzeugung forschend-entdeckendes Lernen im Unterricht einzubringen (IFE) wurde mit 4 Items, der Zugang zum naturwissenschaftlichen Unterricht (ZU) mit 5 Items erfasst. Alle Items wurden auf einer 4-stufigen Likert-Skala bewertet (1=trifft überhaupt nicht zu bis 4=trifft völlig zu).

PCK wurde mit einem Vignettentest erhoben (Bölsterli et al., 2011). Der Test enthält 8 Vignetten (=Unterrichtssituationen) bzw. 21 Items zu PCK. Eine genauere Beschreibung des Tests sowie zur Auswertung findet sich bei Koch & Labudde (2014). Krippendorff's Alpha für PCK lag auf einem guten Niveau bei .65 (Krippendorff, 2004). Da PCK im Vignettentest und die Selbstaussagen zum konstruktivistischen Unterrichtshandeln inhaltlich sehr ähnlich sind (siehe Tab. 1), sprechen wir in diesem Beitrag von *konstruktivistisch orientiertem PCK*. Die Datenanalyse erfolgt in drei Modellen vom Allgemeinen hin zum Spezifischen, je unter Kontrolle der Schulstufe. Die Daten des Vignettentests wurden zu *Problem gelöst* und *Problem nicht gelöst* dichotomisiert. Wir verwendeten SPSS 20 zur Datenanalyse.

Tabelle 1: Itembeispiele und Gegenüberstellung von Selbsteinschätzung und PCK-Test

Selbsteinschätzung	PCK (Vignettentest)
Ich erfrage Vorstellungen und subjektiven Erklärungen meiner SuS und baue auf diesen auf.	Präkonzepte diagnostizieren
Ich wähle Aufgaben so aus, dass sie den Aufbau und die Erweiterung naturwissenschaftlicher Konzepte ermöglichen.	Verständnisvolles Lernen ermöglichen
Die SuS haben Gelegenheit in Paaren/Kleingruppen Anwendungsprobleme gemeinsam zu lösen.	Lernmethoden fachgerecht einsetzen

Stichprobe und Resultate

Befragt wurden 159 Lehrpersonen (57 % männlich). Die Lehrerfahrung der Männer beträgt durchschnittlich 17 Jahre (SD=10), die der Frauen 14 Jahre (SD=10). 59 % der Lehrpersonen unterrichten in den Jahrgangsstufen 7, 8 und 9 (entspricht Sek-1), 41 % darunter (Primar).

Die Items zum konstruktivistisch orientierten Lehrverhalten wurden einer Hauptachsenanalyse (Varimax, Kaiserkriterium) unterzogen. Zwei weitere Hauptachsenanalysen (gleiche Kriterien) wurden mit den UZ- und IFE-Items durchgeführt. Die Kennwerte sind in Tab. 2 aufgeführt. Konstruktivistisches Lehren unterteilt sich in die Initiierung von Lernprozessen, Verständnisorientierung und Wissensaufbau.

Tabelle 2: Skalenkennwerte der Selbsteinschätzungen

Skala	Kennwerte	
Wissensaufbau	3 Items α=.64	Gesamtskala Konstruktivistisches Unterrichtshandeln α=.78
Verständnisorientierung	2 Items α=.73	
Initiierung von Lernprozessen	6 Items α=.70	
Zugang zum nawi-Unterricht	5 Items α=.71	
Implementierung F&E-Lernen	4 Items α=.70	

In den jeweiligen Modellbeschreibungen sind die Globaleffekte beschrieben. Detaillierte Angaben zu Effektstärken bei signifikanten Gobaleffekten finden sich in der Tab. 3.

Das erste Modell beinhaltet die Variablen PCK, Implementierung von forschend-entdeckendem Lernen (IFE) und Unterrichtszugang (UZ) als Prädiktoren für konstruktivistisches Unterrichten (KU) unter Kontrolle der unterrichteten Schulstufe. Nur IFE (η^2=.19) und UZ (η^2=.14) zeigen signifikante Effekte.

Für das zweite Modell wurde KU in den drei Subdimensionen Wissensaufbau (KUWA), Verständnisorientierung (KUVO) und Initiierung von Lernprozessen (KUIL) aufgenommen. PCK zeigt auch hier keinen signifikanten Effekt im Omnibustest (Pillai's Trace), IFE (η^2=.28), UZ (η^2=.14) und die unterrichtete Stufe (η^2=.11) hingegen schon.

Im dritten Modell trennten wir PCK in fachmethodische Kompetenz (fmk), fachlich-diagnostische Kompetenz (fdk) und adaptive Lehrkompetenz (alk). Neben IFE (η^2=.27), UZ (η^2=.14) und Stufe (η^2=.11) weist fdk einen signifikanten Effekt auf (η^2=.07), der jedoch nur hinsichtlich des Wissensaufbaus auftritt.

Tabelle 3: Effektstärken (η^2) in den Modellen 1 bis 3

	Modell 1	**Modell 2**			**Modell 3**		
	KU	**KUWA**	**KUVO**	**KUIL**	**KUWA**	**KUVO**	**KUIL**
R^2	*.44*	*.27*	*.39*	*.31*	*.28*	*.40*	*.32*
IFE	.19***	.10***	.23***	.09***	.09***	.23***	.08***
UZ	.14***	.08***	.04*	.09***	.08***	.04*	.10***
Stufe	n.s.	.06**	n.s.	n.s.	.06**	n.s.	n.s.
PCK	n.s.	Omnibustest n.s.			---	---	---
fmk	---	---	---	---	Omnibustest n.s.		
fdk	---	---	---	---	.06***	n.s.	n.s.
alk	---	---	---	---	Omnibustest n.s.		

*: p<.05; **: p<.01; ***: p<.001; n.s.: nicht signifikant;

Anmerkungen: Angegeben sind die Effektstärken Eta-Quadrat sowie die Signifikanz des Effektes, wenn der Omnibustest (Pillai's Trace) signifikant für p<.05 ausfällt. Die Abkürzungen werden im Fliesstext erklärt.

Diskussion

Die Resultate zeigen, dass konstruktivistisches PCK, erfasst anhand eines Vignettentests, in seiner generellen Form nicht signifikant prädiktiv für konstruktivistisches Unterrichtshandeln ist. Jedoch kann die fachlich-diagnostische „Kompetenz“ wissensaufbauendes Unterrichten vorhersagen. Drei Beispiele hierfür aus dem Fragebogen sind:

- In meinem Unterricht stelle ich Verbindungen interessanter Phänomene aus Natur und Technik im Alltag zum Unterricht her.
- In meinem Unterricht lasse ich die SuS neues Wissen durch Experimentieren entwickeln.
- In meinem Unterricht wähle ich Aufgaben so aus, dass sie den Aufbau und die Erweiterung naturwissenschaftlicher Konzepte ermöglichen.

Dieses wissensaufbauende Unterrichtshandeln ist ähnlich zur von Kunter et al. (2013) erfassten kognitiven Aktivierung. In der vorliegenden Studie liegt dessen Effektstärke Eta-Quadrat bei .06, d. h. 6 % der Varianz von Wissensaufbau wird durch fachlich-diagnostisches Wissen aufgeklärt. Erstaunlich ist, dass in diesem Fall die Varianzaufklärung identisch mit der von Kunter et al. (2013) ist. Zudem hat die Überzeugung, forschend-entdeckendes Lernen in den Unterricht einbringen zu können, einen sehr starken Effekt auf verständnisorientiertes Lehrerhandeln. Im Sinne konstruktivistischen Lehrens wirkt dies plausibel, ebenso wie ein zielgruppengerechter Unterrichtszugang einen Effekt darauf hat, wie Lehrpersonen Lerngelegenheiten für SuS schaffen.

In Anbetracht dieser Ergebnisse konnten wir die COACTIV-Resultate auf den deutsch-schweizerischen Naturwissenschaftsunterricht transferieren. Aufgrund der Plausibilität der empirischen Ergebnisse entgegnen wir hier der allfälligen Kritik, dass eine Selbstauskunft zum Unterrichtshandeln allzu anfällig für soziale Erwünschtheit wäre. Wie von Fishbein & Ajzen (2010) vorgeschlagen, erscheint die Selbstauskunft reliabel. Insofern wäre es wünschenswert, diesen Ansatz weiterzuverfolgen, da er die Forschungsökonomie effizienter gestalten kann. Zudem kann anhand dieser Studie der Pfad von PCK auf Unterrichtshandeln spezifiziert werden, nämlich, dass fachlich-diagnostische Wissen auf Wissensaufbau/ kognitive Aktivierung in den Naturwissenschaften wirkt.

Literatur

Bölsterli, K., Brovelli, D., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2011). Vignettentest zur Erhebung professioneller Kompetenz. In D. Höttecke (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. GDCP Jahrestagung in Potsdam 2010. (285-287). Berlin: LIT Verlag.

Fishbein, M., & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior : the reasoned action approach. New York, NY [u.a.]: Psychology Press.

Koch, A., & Labudde, P. (2014). Strike the iron when it's hot - Teacher professionalization in Swiss science education. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. (pp. 11). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.

Koch, A., Längle, C., Labudde, P., & Zala, E. (2014). Lern- und Lehrvoraussetzungen im Modellversuch SWiSE. In S. Bernholt (Ed.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Jahrestagung in München 2013. (Vol. 34, pp. 252-254). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Korneck, F., Kohlenberger, M., Oettinghaus, L., Kunter, M., & Lamprecht, J. (2013). Lehrerüberzeugungen und Unterrichtshandeln im Fach Physik. Internetzeitschrift: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1-9.

Krippendorff, K. (2004). Reliability in Content Analysis: Some Common Misconceptions and Recommendations. Human Communication Research.

Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. Journal of Educational Psychology, 105(3), 805-820.

Leuchter, M., Pauli, C., Reusser, K., & Lipowsky, F. (2006). Unterrichtsbezogene \"Uberzeugungen und handlungsleitende Kognitionen von Lehrpersonen. Zeitschrift f\"ur Erziehungswissenschaft, 9(4), 562-579.

Tobias Mühlenbruch Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Optimierung naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika

Naturwissenschaftliche Experimentalpraktika

Experimentalpraktika sind eine Form praktischer Arbeit, bei der Experimente in dafür vorgesehenen und speziell ausgestatteten Lernumgebungen durchgeführt werden. Die Lernenden setzen sich in diesen Lernsituationen mit Geräten auseinander, beobachten Phänomene unter Laborbedingungen und erlernen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (vgl. Hucke, 1999, S. 4; Diemer et al., 1998, S. 3-4).

Die Zielsetzungen von Praktika zeigen auch die große Hoffnung auf, die in diese Form der Lehre gesetzt wird. So werden von der American Association of Physics Teachers (AAPT) fünf Ziele von physikalischen Grundpraktika zusammengefasst: 1. *The Art of Experimentation*, 2. *Experimental and Analytical Skills*, 3. *Conceptual Learning*, 4. *Understanding the Basis of Knowledge* und 5. *Developing Collaborative Learning Skills* (vgl. AAPT, 1998).

Ähnliche Ergebnisse gehen auch aus einer europäischen Studie hervor, in der Welzel et al. (1998) Lehrende zu den Zielen beim Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung befragten. Zentrale Befunde dieser Studie waren fünf Hauptzielkategorien, die Lehrende mit naturwissenschaftlichen Praktika erreichen wollen:

- Verbindung von Theorie und Praxis
- Erwerb experimenteller Fähigkeiten
- Kennenlernen von Methoden wissenschaftlichen Denkens
- Motivation zur Weiterentwicklung der Persönlichkeit und sozialer Kompetenzen
- Schaffen von Möglichkeiten für Lehrende, das Wissen der Lernenden zu überprüfen.

In der Studie wurden diese Kategorien auch nach ihrer Wichtigkeit bewertet. Dabei wurden die ersten drei Zielkategorien als die wichtigsten benannt. Deutlich geringer wird die Wichtigkeit der vierten Kategorie eingeschätzt. Der fünften Kategorie (das Schaffen von Möglichkeiten für Lehrende, das Wissen der Lernenden zu überprüfen) wird unter diesen Kategorien die geringste Bedeutung zugeschrieben (vgl. Welzel et al., 1998). Die Ziele der AAPT (1998) sind in den Zielkategorien von Welzel et al. (1998) wiederzufinden. Damit erscheint das Bild konsistent.

Ob Praktika in ihren Zielen und Umsetzungen heutigen Anforderungen entsprechen, kann durchaus kritisch gesehen werden. So bemängeln Diemer et al. (1998), dass viele Praktika seit mehr als 50 Jahren unverändert sind und daher nicht mehr zeitgemäß auf das vorbereiten, was die Studierenden nach ihrem Studium erwartet. Die Gründe für die fehlenden Veränderungen sehen sie u. a. in den fehlenden Ressourcen (personell und finanziell), in den gegebenen Rahmenbedingungen durch die Curricula, welche durch die Trägheit des Bildungssystems noch verstärkt werden, aber auch darin, dass sich die bestehenden Strukturen seit Jahren bewährt haben und Neuerungen auch die Risiken von Fehlentwicklungen mit sich bringen (vgl. Diemer et al., 1998, S. 3–10). Auch Neumann (2003) stellt fest, dass Praktika oft nicht ihre intendierte Wirkung erzielen. Dabei lehnt er sich an Ruickoldt (1996) an, der ebenfalls feststellte, dass Praktika oft weder die Voraussetzungen für Nachfolgepraktika, noch für das Schreiben einer experimentellen Abschlussarbeit schaffen.

Aufbauend auf den genannten Problemen nennen Diemer et al. (1998) Gründe, warum bestehende Praktika – dies gilt u. E. auch heute noch – einer Erneuerung bedürfen: 1. Die Arbeitswelt der Naturwissenschaften verändert sich drastisch, daher müssen Praktika diesen Gegebenheiten angepasst werden. 2. Die Versuchsaufbauten und Messtechniken sind veraltet. Durch den Einsatz moderner Messtechnik und Datenverarbeitung können neue Bereiche

zugänglich gemacht werden. 3. Computereinsatz in Praktika geschieht oft ohne didaktisch sinnvolle Einbindung. Häufig wird eine Einbindung von Computern nur stückweise durchgeführt, sodass die Versuche aufgrund fehlender Struktur schwieriger zu durchschauen sind. Praktikumsbestandteile wie Versuchsanleitungen und Aufgabenstellungen sollten demnach angepasst und auch der Computereisatz im Praktikum sollte bei einer Reform überdacht werden.

Optimierungsbestreben seit 2000

Um 2000 begannen in Deutschland verschiedene Projekte, die zum Ziel hatten, Praktika auf unterschiedliche Weise zu verbessern und dabei Multimedia-Elemente einsetzten. Als Beispiele aus dem Bereich physikalischer Praktika sind die Arbeiten von Hucke (1999), Sander (2000) und Theyßen (2000) zu nennen. Die Ergebnisse in diesem Bereich zeigen, dass ein Computereisatz im Praktikum allein nicht zwingend den Lernerfolg erhöht. So konnte Hucke (ebd.) z. B. keinen einfachen bzw. direkten Zusammenhang zwischen Computereinsatz und Wissenserwerb im Praktikum nachweisen. Er belegte aber, dass die Arbeit mit Modellbildungssystemen dazu führte, dass Studierende ihre Handlungen häufiger auf der abstrakten kognitiven, also der physikalisch-theoriegeleiteten Ebene regulieren (vgl. Hucke, 1999).

In den Arbeiten von Hüther et al. (2004) und Hüther (2005a; 2005b) wurde – u. a. aufbauend auf der Arbeit von Theyßen (2000) – der Einsatz von Hypermedia in physikalischen Nebenfachpraktika untersucht. Es wurden in diesem Zusammenhang mehrere Studien durchgeführt, in denen die Studierendengruppen, die das Hypermediaangebot nutzten, bei der Überprüfung der Lernwirksamkeit besser abschnitten, als die Kontrollgruppen ohne Hypermediaangebot. Ein Zusatzergebnis ist, dass Hypermedia-Lernangebote deutlich lernwirksamer für Anwendungsaufgaben sind, wenn keine Musterlösungen (stattdessen Tipps und Hinweise) angeboten werden.

Nagel (2009) erneuerte das Physikpraktikum für alle Physikstudierenden an der Universität Wien u. a. auf Grundlage dieser Ergebnisse und gestaltete eine eLearning-Umgebung zur Vorbereitung auf die Praktikumsversuche und evaluierte seine Arbeit. Er stellte fest, dass die eLearning-Umgebung geeignete Rahmenbedingungen für einen Leistungszuwachs im Praktikum schaffte. Er fand in seiner deskriptiven Analyse auch heraus, dass es unterschiedliche Nutzertypen („Individualnutzer“ und „Intensivnutzer“; ebd.) gab. Das eLearning-Angebot konnte beiden Nutzertypen gerecht werden und lässt damit eine Individualisierung des Lernprozesses zu. Ein weiteres Ergebnis war, dass die Studierenden in der Mehrheit zusätzliche eLearning-Angebote wahrnahmen. Dabei fanden 75 % der Studierenden die eLearning-Angebote hilfreich, um eigenes mangelndes Vorwissen auszugleichen. In seiner deskriptiven Analyse zeigte Nagel, „[…] dass eine bessere Vorbereitung der Studierenden auf das Praktikum im Vergleich zur Situation vor Einführung der eLearning-Umgebung allein schon durch die Vielfalt und Freiheiten in der Nutzung möglich scheint“ (Nagel, 2009, S. 153). Es ist damit gelungen, durch die eSkripte und Zusatzinformationen Unterschiede im Vorwissen auszugleichen. Nagel und Wolny (2013) wendeten dieses Konzept im Zusammenhang mit einer didaktischen Rekonstruktion auf ein Nebenfachpraktikum – das physikalische Praktikum für Ernährungswissenschaftler – an und erzielten auch hier positive Resultate bei der adressatenspezifischen Verbesserung des Praktikums.

Kreiten (2012) gestaltete ein physikalisches Praktikum webbasiert auf der Grundlage des Learning Management Systems ILIAS um. Auch sie fand heraus, dass elektronische textbegleitende Aufgaben die experimentelle Vorbereitung positiv unterstützen. Die Versuchsgruppe, die die webbasierten Materialien nutzte, schnitt in den Leistungstests stets besser ab, als die Kontrollgruppe. Die webbasierten Aufgaben erhöhten den Lernerfolg im Physikpraktikum. Dieser Effekt erwies sich außerdem als genderneutral.

Beiträge des Symposiums

In diesem Symposium zur Optimierung naturwissenschaftliche Praktika werden die aktuellen Vorhaben bzw. Arbeiten zweier Arbeitsgruppen an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und an der Freien Universität Berlin vorgestellt. So stellen zwei Beiträge die Ergebnisse von Evaluationen für eine bedarfsgerechte multimediale Unterstützung und ein Evaluationskonzept zur Kompetenzorientierung von Praktika der Freien Universität vor. An der RWTH werden ebenfalls multimediale Elemente, wie Lernvideos oder Interaktive Bildschirmexperimente eingesetzt, um das Nebenfachpraktikum zu verbessern. Des Weiteren wurde eine neue Feedbackkultur eingeführt, die den Lernerfolg erhöht.

Literatur

American Association of Physics Teachers (1998): Goals of the Introductory Physics Laboratory. In: American Journal of Physics (6), S. 483–485. Online verfügbar unter http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/ajp/66/6/10.1119/1.19042, zuletzt geprüft am 06.11.2013.

Diemer, U.; Baser, B.; Jodl, H.J. (1998): Computer im Praktikum: Moderne physikalische Versuche. 1. Aufl.: Springer.

Hucke, L. (1999): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und Computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Dissertation. Universität Dortmund, Dortmund.

Hüther, M. (2005a): Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze: Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin: Logos-Verlag.

Hüther, M. (2005b): Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule.

Hüther, M.; Sumfleth, Horst; Theyßen, Heike (2004): Evaluation eines Multimedia-Einsatzes in der Medizinerausbildung. In: Anja Pitton (Hg.): Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2003: LIT Verlag Münster, S. 87–89.

Kreiten, M. (2012): Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum.

Nagel, C., Wolny, B. (2013): Ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Ernährungswissenschaften. Didaktische Rekonstruktion und Evaluation. In: PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, S. 48–61.

Nagel, .C.C. (2009): eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum. 96. Aufl.: Logos Verlag Berlin.

Neumann, K. (2003): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In: Didaktik der Physik – Augsburg 2003. Augsburg.

Ruickoldt, G. (1996): Ergebnisse einer Umfrage zum Physikalischen Praktikum. In: Physikalische Blätter 10 (52), S. 1022–1024.

Sander, F. (2000): Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum – Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum: Logos Berlin.

Theyßen, H. (2000): Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evalation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion: Logos Verlag Berlin.

Welzel, M.; Haller, K.; Bandiera, M.; Hammelev, D.; Koumaras, P.; Niedderer, H. et al. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 4 (1), S. 29–44.

Tobias Mühlenbruch
Daniel Rehfeldt
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Qualitative Bedarfsanalyse im physiologischen Praktikum der Veterinärmedizin

Im Rahmen des Projekts *Technology SUPPORTed Labs* (TSL) werden mehrere naturwissenschaftliche Experimentalpraktika evaluiert. In diesem Artikel werden die Ergebnisse der qualitativen Studie vorgestellt, die die Problemlage im physiologischen Praktikum der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin darstellen. Des Weiteren wird ein Vergleich zu den Ergebnissen aus dem physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler (Nebenfachpraktikum genannt) vorgenommen.

Das Projekt TSL

Im Rahmen des Hochschulpaktes wird an der Freien Universität Berlin derzeit das Projekt *SUPPORT für die Lehre* mit dem Teilprojekt *Technology SUPPORTed Labs* (TSL) durchgeführt. Der Projektauftrag von TSL ist es, naturwissenschaftliche Experimentalpraktika durch den gezielten Einsatz multimedialer Anwendungen zu unterstützen und damit die Lehrqualität zu steigern. Dabei wird nach dem Design-Based-Research-Ansatz (DBR-Ansatz) nach Reinmann (2005) vorgegangen. Um die Interventionen in Form multimedialer Anwendungen zielgerichtet entwickeln zu können, wird zunächst eine Problem- und Bedarfsanalyse im Praktikum durchgeführt. Diese setzt sich aus einer qualitativen Studie und einer quantitativen Vollerhebung zusammen. Auf Grundlage der im jeweiligen Praktikum vorliegenden Problemlage bzw. des praktikumsspezifischen Bedarfs werden dann die Interventionen entwickelt, erprobt und evaluiert (vgl. Gutzler et al., 2014a, 2014b; Rehfeldt et al., 2013).

Qualitative Bedarfsanalyse

Die qualitative Studie berücksichtigt die Sichtweisen der drei beteiligten Gruppen jedes einzelnen Praktikums: Praktikumsleitende, Praktikumsbetreuende und Teilnehmende. Es wird dabei nach der Fokusgruppenmethode nach Greenbaum (1998) und Göll et al. (2005) vorgegangen. Als Diskussionsgrundlage wird ein Flussdiagramm nach dem Vorbild GRAFCET (DIN EN 60848) genutzt, das den plantypischen Verlauf des jeweiligen Praktikums abbildet. In diese grafische Darstellung wird nach einer kurzen Stillarbeitsphase in einer Gruppendiskussion das Konsensergebnis der Gruppe in Form von Problemen und Abweichungen, aber auch Verbesserungsvorschlägen und Lob eingetragen. Die Probleme, die speziell aus Sicht der jeweiligen Gruppe im Praktikum vorliegen, können so direkt im Verlauf verortet werden. Dadurch wird es im Anschluss möglich, gezielte Interventionen für die jeweiligen Schritte, die im Praktikum durchlaufen werden, zu gestalten und sie in den Verlauf zu integrieren. Eine ausführlichere Beschreibung der Methodik und des Vorgehens findet sich in Gutzler et al. (2014a).

Das Praktikum

Gegenstand der Problem- und Bedarfsanalyse war das physiologische Praktikum der Veterinärmedizin, das alle Studierenden dieses Faches belegen müssen. Es wird ausschließlich von wissenschaftlichen MitarbeiterInnen betreut. Bei dem Praktikum handelt es sich um ein Experimentalpraktikum, bei dem u. a. verschiedene physikalische und chemische Methoden und Messinstrumente zum Einsatz kommen. Das Praktikum kann somit in den Bereich der naturwissenschaftlichen Experimentalpraktika eingeordnet werden.

Beschreibung der Stichprobe
Es wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt. Die erste bestand aus fünf Teilnehmenden (4w, 1m) des Praktikums, die in einer Vorlesung des Faches von den Autoren (die nicht zum Personal des Praktikums oder der Veterinärmedizin gehören) rekrutiert wurden. Da dies die einzigen Studierenden waren, die sich zur Teilnahme bereit erklärten, kann hier von einer Positivselektion ausgegangen werden, die die Teilnehmenden als besonders engagiert ausweist.
Die zweite Fokusgruppe bestand aus vier Betreuenden (3w, 1m; 2 Postdocs, 2 Doktorandinnen), die von der Praktikumsleitung ausgewählt wurden. Der Praktikumsleitung wurde hierfür die Vorgabe gemacht, dass die Probanden keine leitende Funktion im Praktikum einnehmen dürfen und möglichst unterschiedliche Versuche betreuen sollen.

Ergebnisse
Die Ergebnisdarstellung kann hier nur in Kurzform erfolgen. Daher werden die Ergebnisse in Kategorien eingeteilt und die Sichtweisen der beiden Fokusgruppen innerhalb dieser dargestellt:
Skript & Vorbereitungsmaterial: Beide Gruppen empfinden das Skript als unstrukturiert. Den Betreuenden fehlen Hinweise darauf, was besonders wichtig ist, und Verweise auf berufliche Relevanz. Den Teilnehmenden fehlen stattdessen Verweise auf die Prüfungen. Außerdem bemängeln sie, dass die Qualität des Skriptes inhomogen ist und die Vorbereitungsmaterialien teilweise veraltet und die online-Testaufgaben teilweise fehlerhaft sind.
Zeitaufwand & Vergütung: Die Studierenden haben kein Problem in dieser Kategorie festgestellt, während die Betreuenden bemängeln, dass die Studierenden teilweise zu wenig Zeit in die Vorbereitung investieren.
Personenabhängigkeiten & Subjektivität bei Bewertungen: Beide Gruppen bemängeln eine Subjektivität sowie Personenabhängigkeit in den Antestaten sowie bei den Anforderungen der zusätzlichen Ausarbeitungen, die manchmal zu erbringen sind. Die Betreuenden sehen den Grund in fehlenden einheitlichen Beurteilungs- bzw. Anforderungsvorgaben und wünschen sich diese.
Fehlendes Vorwissen: Die Studierenden haben kein Problem innerhalb dieser Kategorie festgestellt. Die Betreuenden hingegen bemängeln teilweise fehlendes Vorwissen aus der parallel laufenden Vorlesung.
Unzureichende Vorbereitung auf praktischen Teil: Die Betreuenden bemängeln, dass die Studierenden sich auf Grundlage der aktuellen Vorbereitung die Versuche nicht bildlich vorstellen können. Die Studierenden hingegen sehen ein Problem darin, dass die Versuchsdurchführung von den Betreuenden teilweise nicht genügend erläutert wird. Außerdem bemängeln sie eine fehlende Einführung zum richtigen Umgang mit Tieren vor Versuchen, bei denen mit Tieren gearbeitet wird.
Leistungsdruck: Die Studierenden fühlen sich teilweise unter Druck gesetzt, weil das Abschlussgespräch bei einigen Betreuenden als zweites Testat empfunden wird.
Vorgespräche: Die Betreuenden sehen als Problem an, dass bei Vorgesprächen, die als mündliches Antestat genutzt werden, ein großer Zufall mitspielt. Sie stellen fest, dass einige Studierende sehr einfache Fragen bekommen und andere nicht. Die Studierenden sehen dies ähnlich (dies geht auch aus der Kategorie *Subjektivität & Personenabhängigkeit* hervor).
Struktur & Organisation: Beide Seiten sehen ein Problem in der starren Zeitvorgabe des Praktikums. So müssen Studierende bei Versuchen, die schneller gehen, noch länger bleiben als nötig und geraten bei Versuchen, die länger dauern, unter Zeitdruck. Beide Gruppen nennen denselben Versuch als zu zeitaufwendig. Die Studierenden geben an, auch länger bleiben zu wollen, wenn dies vorher angekündigt würde. Beiden Seiten fehlen an verschiedenen Stellen einheitliche Vorgaben. Zusätzlich kritisieren die Studierenden, dass sie Computersimulationen/-programme aus dem Praktikum zu Hause nicht zur Verfügung haben.

Diskussion und Vergleich zu anderen Praktika

Bei Betrachtung der Ergebnisse ist festzustellen, dass es Problemkategorien gibt, die bereits aus anderen Studien bekannt sind. Diese Kategorien lassen sich auch in den Ergebnissen der Evaluation des physikalischen Praktikums für Naturwissenschaftler (NP) der Freien Universität Berlin widerfinden, das mit der gleichen Methode untersucht wurde. Die Ergebnisse werden von Gutzler et al. (2014a) ausführlich dargestellt. Bei genauerer Betrachtung der Problemlage ist jedoch festzustellen, dass diese praktikumsspezifisch ist und dass in beiden Studien Probleme gefunden wurden, die z. B. in einem herkömmlichen Fragebogen nicht erfasst worden wären.

Es gibt jedoch nicht nur Unterschiede zwischen den einzelnen Praktika, sondern auch aus Sicht der einzelnen beteiligten Gruppen, weshalb sich das Vorgehen bewährt hat, bei dem diese Sichtweisen einzeln erfasst werden. Das Vorgehen hat sich dabei in Praktika unterschiedlicher Fachwissenschaften bewährt und bietet somit eine fächerübergreifende Methodik.

Ausblick

Derzeit werden auf Grundlage der Ergebnisse bedarfsgerechte multimediale Interventionen gestaltet, wie z. B. Interaktive Bildschirmexperimente, die eine praxisnahe Vorbereitung auf die folgenden Messaufgaben des Experiments ermöglichen. Außerdem werden die Ergebnisse der Praktikumsleitung zur eigenen Qualitätssteigerung übergeben. Die qualitative Problem- und Bedarfsanalyse wird demnächst in einem Praktikum der Chemie durchgeführt, um auch in diesem multimedial unterstützen zu können. Das Projekt wird im Rahmen des Hochschulpaktes durch das BMBF gefördert.

Literatur

Göll, E.; Henseling, Ch.; Nolting, K.; Gaßner, R. (2005): Die Fokusgruppen-Methode: Zielgruppen erkennen und Motive aufdecken. Ein Leitfaden für Umwelt und Naturschutzorganisationen (Teil 3 des Abschlussberichtes an das Umweltbundesamt). Umweltbundesamt.

Greenbaum, T.L. (1998): The handbook for focus group research. 2nd ed., rev. and expanded. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.

Gutzler, T., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2014a): TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. GRAFCET: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturerfassung von Lehrveranstaltungen. In: Jurik Stiller (Hg.): Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin, 7.-8-10.2013. IZBF.

Gutzler, T., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2014b): TSL: Bedarfsanalyse in Praktika: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturerfassung. In: Sascha Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) Jahrestagung. München, 2013. Münster, S. 100–102.

Rehfeldt, D., Gutzler, T., Nordmeier, V. (2013): TSL: Technology SUPPORTed Labs. Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika. In: Volkhard Nordmeier und Helmuth Grötzebauch (Hg.): PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Jena, 25.2.-1.3.2013.

Reinmann, G. (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: Unterrichtswissenschaft 33 (1), S. 52–69.

Daniel Rehfeldt Freie Universität Berlin
Tobias Mühlenbruch
Volkhard Nordmeier

Fragebogen zu Praktikumskompetenzen (PraKo): Erforschung naturwissenschaftlicher Praktika

Motivation

Im Zuge der Bologna-Reform wird die fundierte Evaluation und die Qualitätssicherung von universitären Lehrveranstaltungen immer stärker in den Fokus gerückt (Friedrich, 2005). Universitäre Lehre orientiert sich dabei zunehmend an dem Paradigma der Kompetenzorientierung (Hopbach, 2007).

Für die Evaluation von Vorlesungen und Seminaren an der Freien Universität Berlin werden beispielsweise bereits seit mehreren Jahren eigens entwickelte, lerntheoretisch fundierte Lehrevaluationen eingesetzt. Der Fragebogen zur Erfassung der Lehrkompetenz (LeKo; Thiel, Blüthmann, & Watermann, 2012) dient zur Einschätzung der Lehrkompetenz von Lehrpersonen durch die Studierenden, das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (BEvaKomp; Braun, Gusy, Leidner, & Hannover, 2008) erfasst den subjektiven Kompetenzzuwachs der Lernenden.

Für naturwissenschaftliche Praktika fehlt indes ein Instrument, da die allgemeinen Instrumente zur Lehrevaluation schwer auf diese Lehrveranstaltungsform übertragbar sind.

Unser Anliegen ist es deshalb, ein *praktikumsübergreifendes*, *fachunspezifisches* Konzept der Evaluation zu realisieren. Evidenz für die Verallgemeinerbarkeit des Lehrveranstaltungstyps »Praktikum« über die Fächer liefert die Vielerorts tradierte Organisationsstruktur (Westphal, 1937), die sich in den Publikationen zu Praktika wiederspiegelt (z. B. Borawski & Heinke, 2005; Kreiten, 2012; Plomer, 2011) und auch dem Analysestand der Praktikumsverläufe und -probleme an verschiedenen Praktika der Freien Universität entspricht (Mühlenbruch et al., in diesem Band).

Theoretisches Modell »Praktikumsqualität«

Für die Modellentwicklung haben wir die Adaption und Weiterentwicklung der Modelle von BEvaKomp bzw. LeKo um praktikumsrelevante Anteile vorgenommen: BEvaKomp ist ein Selbsteinschätzungs-Fragebogen, der der allgemeinen Lehrevaluation dient. Er basiert inhaltlich auf dem Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse der KMK (Hopbach, 2007). Dem inhärent ist die Kompetenzorientierung der Evaluation, also der Fokus auf den Kompetenzzuwachs bei den Studierenden durch den Besuch der jeweiligen Lehrveranstaltung. In die Facetten *Fachkompetenz*, *Methodenkompetenz*, *Kommunikationskompetenz*, *Kooperationskompetenz*, *Präsentationskompetenz* und *Personalkompetenz* aufgegliedert, erfasst dieser den gesamten Qualifikationsrahmen auf theoretisch fundierter Basis. LeKo ist ein Fremdeinschätzungs-Fragebogen, der ebenso der allgemeinen Lehrevaluation dient, aber auf die Erfassung von Kompetenzen der Hochschullehrenden abzielt. Theoretische Grundlage bildet ein Modell der »Lehrkompetenz«, das sich aus Theorien zur Unterrichtsqualität und der Lehr-Lern-Forschung ableitet. Es werden didaktische und pädagogische Kompetenzen wie »verständlich erklären« oder »Relevanz verdeutlichen« erfasst.

Mittels BEvaKomp und LeKo lassen sich aber nur bestimmte Aspekte des Kompetenzerwerbs in Praktika erfassen. Aus der Literatur lässt sich beispielsweise die hohe Relevanz des begleitenden Praktikumsskripts herauslesen (Hucke, 1999, S. 99) und Verbesserungen der Praktikumsqualität lassen sich durch Skriptüberarbeitungen erreichen (Fricke & Schecker, 2012; Kreiten, 2012, S. 49). Ein weiterer Aspekt betrifft die bisweilen beobachtete mangelnde Passung zwischen den Inhalten einer Vorlesung und dem begleitenden Praktikum (Krei-

ten, 2012, S. 48). Fraser und McRobbie (1995) bezeichnen dies als »Integration« der Vorlesung in das Praktikum. Die Interaktion mit dem Versuchsbetreuer ergab sich in Studien von Hucke (1999, S. 148) als einzige Handlung, die mit einem guten Theorie-Praxis-Transfer einherging. Gute Betreuung ist daher ein Qualitätsmerkmal von Praktika.

Zur Modellierung der »Praktikumsqualität« haben wir die drei Dimensionen der Qualitätsmessung nach Donabendian (1966) gewählt: Eine *ergebnisorientierte* (Adaption BEvaKomp), eine *prozessorientierte* (Adaption LeKo) und eine *strukturelle* (Praktikum als »Lernumgebung«) (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Theoretisches Modell der Praktikumsqualität

Die *Ergebnisdimension* beschreibt die Kompetenzzuwächse der Teilnehmenden als verallgemeinerbares Ziel universitärer Lehre. In den Bereichen *Fachkompetenz*, *Experimentelle Kompetenz*, *Kommunikationskompetenz* und *Bewertungskompetenz* werden die Kompetenzbereiche der naturwissenschaftlichen Fächer erfasst. Die Experimentierkompetenz wird als Ersatz für die Methodenkompetenz nach Schreiber, Theyßen und Schecker (2009) modelliert. Für die Bewertungskompetenz und Kommunikationskompetenz bildet analog das Kompetenzmodell für Praktika nach Kreiten (2012, S. 197) die Basis. Die Neukonzeption der Kommunikationskompetenz ergibt sich aus dem hohen Stellenwert der vor allem schriftlichen Kommunikation im Praktikum durch Protokolle. Die Bereiche *Personalkompetenz* und *Kooperationskompetenz* umfassen überfachliche Kompetenzen und sind ähnlich wie die Fachkompetenz von BEvaKomp adaptiert und teils spezifisch auf Praktika ausgerichtet. Die *Prozessdimension* umfasst die Lehrkompetenz der Betreuenden, abgeleitet aus der prognostizierten Relevanz der Betreuung für den Lernerfolg im Praktikum und den theoretischen Überlegungen des LeKo-Modells. Das Modell umfasst die Bereiche »A: Vermittlung von Wissen und Unterstützen von Verstehen«, »B: Motivieren und lerndienliche Atmosphäre herstellen« und »C: Steuerung der Interaktion in der Lerngruppe«. So werden Fähigkeiten, die im Rahmen der Betreuung wesentlich sind, auf das Praktikum ausgerichtet modelliert. Die *Strukturdimension* (»Lernumgebung«) schließlich bildet die materielle Komponente des Praktikumsgeschehens ab. Hierunter fallen die *Skriptqualität*, die *Integration der Vorlesungsinhalte* sowie die *räumlich-sächliche Ausstattung* des Praktikums (Fraser & McRobbie, 1995, S. 291, 295).

Testkonstruktion und Erhebungsinstrument »PraKo«

Für das Erhebungsinstrument zur Praktikumsqualität wurden folgende Anforderungen festgelegt: (*a) Konstruktvalidität*: Das Instrument soll das Modell der Praktikumsqualität empirisch abbilden können. (b) *Anwendbarkeit*: Das Instrument soll für naturwissenschaftliche Praktika im Allgemeinen geeignet, also möglichst fachunspezifisch, sein und im Regelbetrieb zum Einsatz kommen können. (c) *Akzeptanz*: Das Instrument soll von Praktikumsbeteiligten akzeptiert werden.

Unserer Ansicht nach kann eine Fragebogenbefragung am ehesten die Anforderungen erfüllen. Über fachunspezifische Selbsteinschätzungen kann der Modellumfang berücksichtigt

werden und es wird eine ökonomische, fachunabhängige Anwendbarkeit gewährleistet. Damit einher geht der Nachteil einer geringeren Analysetiefe durch den Einsatz einer quantitativen Methode und der geringeren internen Validität durch den Einsatz von Selbsteinschätzungen statt objektiver Tests (für eine Diskussion zu Selbsteinschätzungen vgl. Klieme, Artelt & Stanat, 2002 bzw. Hartig & Jude, 2007). Damit wird auf einen zwar ‚groben', aber umfassenden Überblick über die Praktikumsqualität abgezielt. Die Struktur des Fragebogens ist direkt aus dem vorgestellten Modell der Praktikumsqualität abgeleitet: Große Teile der BEvaKomp- und LeKo-Skalen konnten adaptiert bzw. praktikumsspezifisch ergänzt werden, die strukturelle Dimension ergab sich in Teilen aus vorangegangenen Erhebungen (Rehfeldt et al., 2014). Unsere Realisierung des Erhebungsinstruments »PraKo« befindet sich noch in einem frühen Stadium, die Feinstrukturen sind noch in der Überarbeitung.

Ausblick

Es wurden inzwischen fünf leitfadengestützte, kognitive Interviews mit Praktikumsleitenden geführt (Physik, phys. Chemie, org. Chemie, Biotechnologie, Veterinärmedizin). Ziel war die Untersuchung der Passung der Konstrukte zum tatsächlichen Praktikumsgeschehen. Dies kann als Beitrag zur Inhaltsvalidität und zur Untersuchung der Akzeptanz verstanden werden. Weitere Schritte der Pilotierung sind kognitive Interviews mit Teilnehmenden zur sprachlichen Anpassung der Items, eine empirische Pilotierung zur Skalenvalidierung und eine Studie zur faktoriellen Validierung des Modells. Zur Kreuzvalidierung sind Vergleiche mit objektiven Kompetenztests geplant sowie eine Triangulation mittels qualitativer Methoden.

Literatur

Borawski, H., & Heinke, H. (2005). Entwicklung eines Physikpraktikums für Studierende der Biologie. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Berlin.

Braun, E., Gusy, B., Leidner, B., & Hannover, B. (2008). Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (BEvaKomp). Diagnostica, 54(1), 30–42.

Donabendian. (1966). Evaluating the Quality of Medical Care. The Milbank Quarterly, 44, 166–203.

Fraser, B. J., & McRobbie, C. J. (1995). Science Laboratory Classroom Environments at Schools and Universities: A Cross-National Study. Educational Research and Evaluation, 1(4), 289–317.

Fricke, A., & Schecker, H. (2012). Hypermediale Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011 (S. 295–297). Münster: LIT.

Friedrich, H. R. (2005). Der Bologna-Prozess nach Bergen. Die Hochschule, (2), 114–135.

Hartig, J., & Jude, N. (2007). Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenz-modelle. In Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik (S. 17–36). Bonn, Berlin: BMBF.

Hopbach, A. (2007). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse. In Benz, Kohler, & Landfried (Hrsg.), Handbuch Qualität und Lehre. Berlin.

Hucke, L. (1999). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos.

Klieme, E., Artelt, C., & Stanat, P. (2002). Fächerübergreifende Kompetenzen. In Leistungsmessungen in der Schule (S. 203–218). Weinheim: Beltz.

Kreiten, M. (2012). Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Universität zu Köln.

Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend praktiziert: Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie. Berlin: Logos.

Rehfeldt, D., Gutzler, T., & Nordmeier, V. (2014). TSL: Quantitative Problemanalyse im Nebenfachpraktikum. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Münster: LIT.

Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Vom Versuch experimentelle Kompetenz zu messen. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008 (S. 203–205). LIT Verlag Münster.

Thiel, F., Blüthmann, I., & Watermann, R. (2012). Konstruktion eines Fragebogens zur Erfassung der Lehrkompetenz (LeKo). In B. Berendt & H. P. Voss (Hrsg.), Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten. [Teil] I. Evaluation. Veranstaltungsevaluation. Berlin: Raabe.

Westphal, W. (1937). Die physikalischen Übungen an der Technischen Hochschule Berlin. Zeitschrift Für Den Physikalischen Und Chemischen Unterricht, 4, 147.

Christian Effertz RWTH Aachen University
Irina Schwarz
Ines Lammertz
Jan Erkelenz
Heidrun Heinke

Lernvideos im Physikpraktikum für Biologen
Entwicklung und Evaluation

Einführung

Physikalische Praktika sind traditionell Bestandteil vieler natur-, ingenieurwissenschaftlicher und medizinischer Studiengänge in Deutschland und verfolgen unter anderem das Ziel, experimentelle Fähigkeiten zu vermitteln (Welzel et al., 1998). Ein von Schreiber, Theyßen und Schecker entwickeltes Modell der experimentellen Kompetenz teilt die Prozesse beim Experimentieren in drei Hauptkategorien ein, welche den Phasen des Experimentierens, konkret der „Planung“, „Durchführung“ und „Auswertung“ eines Versuchs entsprechen (Schreiber et al., 2009). Eine etablierte Methode zur adressatenspezifischen Realisierung physikalischer Praktika beruht auf dem Prinzip der didaktischen Rekonstruktion (Theyßen, 2000, Neumann, 2004), die auch als Gerüst für die Neukonzeption des physikalischen Praktikums für Biologiestudierende an der RWTH Aachen dient. Die didaktische Rekonstruktion wird in drei Aspekte unterteilt: die fachliche Klärung, die Lerner-Perspektive und die didaktische Strukturierung, welche während der didaktischen Rekonstruktion mehrfach durchlaufen werden können. Nach der fachlichen Klärung und Erhebung der Lernerperspektive offenbart sich ein strukturelles Defizit in der derzeitigen Praktikumsstruktur. Die fachliche Klärung belegt, dass der Erwerb von Kompetenzen im Bereich „Auswertung“ sehr wichtig ist (Schwarz, 2013a), die Untersuchung der Lernerperspektive zeigt, dass die Studierenden gerade in diesem Bereich, bei dem sie in der derzeitigen Praktikumsstruktur nicht oder zu wenig unterstützt werden (Schwarz, 2013b) große Probleme haben. Modulare, jederzeit abrufbare Lernvideos zu den Themen der „Auswertung“, sollen die Studierenden gezielt beim Erwerb der für die Auswertung wichtigen Kompetenzen unterstützen.

Fachliche Klärung

Die fachliche Klärung zur Neugestaltung des Physikpraktikums für Biologiestudierende in Aachen wurde im Rahmen einer zweistufigen Expertenbefragung durchgeführt (Schwarz, 2013a), bei der deutschlandweit Biologiedozenten zu den Zielen physikalischer Praktika für Biologiestudierende befragt worden sind. Hierbei sollten unter anderem die von Schreiber et al. (Schreiber, 2009) genannten Kompetenzen des Experimentierens hinsichtlich ihrer Wichtigkeit bewertet werden. Es zeigte sich, dass die Bereiche „Durchführung“ und „Auswertung“ von Versuchen als besonders wichtig bewertet wurden. Insbesondere die Kompetenzen „Messungen durchführen, Messungen dokumentieren“ sowie „Messdaten aufbereiten, Messdaten verarbeiten“ wurden in der Expertenbefragung als „sehr wichtig“ eingeschätzt und haben sich in ihrer Bewertung signifikant von der Bewertung der anderen Items unterschieden (getestet mit Zwei-Stichproben-Kolmogorov-Smirnov-Test, $\alpha=0{,}05$ (im Folgenden: KST), 0,13=Max. D>Kritisches D=0.11). Insgesamt lässt sich aus den Umfragen entnehmen, dass die Vermittlung der Kompetenzen im Bereich „Auswertung“ von Dozenten der Biologie in einem Physikpraktikum als fundamental wichtig angesehen wird.

Lerner-Perspektive

Die Lerner-Perspektive wurde in mehreren Studien und Befragungen erhoben (Schwarz, 2013b, 2014). Hierbei wurden der Umgang mit Messdaten und die Kompetenzen im Bereich

der Auswertung von Messdaten untersucht und die Studierenden zum Praktikum befragt. In der Befragung wurden besonders häufig Probleme mit der Fehlerrechnung sowie der hohe Zeitaufwand bei der Erstellung der Versuchsberichte beklagt (siehe Abb. 1, (a)). Detailstudien zeigen, dass die Studierenden beim Erstellen der Versuchsberichte vor allem beim Erstellen der Auswertung und der Diskussion der Messunsicherheiten Probleme haben (Abbildung 1, (b)). Die Untersuchung des Zeitaufwandes der Studierenden im Praktikum ergab, dass sich die Studierenden im Schnitt ca. 1 Stunde zu Hause auf das Praktikum vorbereiten und darauf folgend den ca. dreistündigen Versuch unter Betreuung absolvieren. Für die Auswertung brauchen jedoch 74 % der Befragten mehr als 7 Stunden, in denen sie nicht betreut werden. Unter Berücksichtigung der fachlichen Klärung, welche die Wichtigkeit des Erlernens von Kompetenzen im Bereich der Auswertung zeigt, und der Lerner-Perspektive, welche die Probleme der Studierenden bei der Auswertung offenlegt, ist ein strukturelles Defizit des typischen Physikpraktikums zu erkennen: In der nach Einschätzung der Experten (hier Biologiedozenten) wichtigsten Phase, der „Auswertung“ werden die Studierenden weitgehend alleine gelassen.

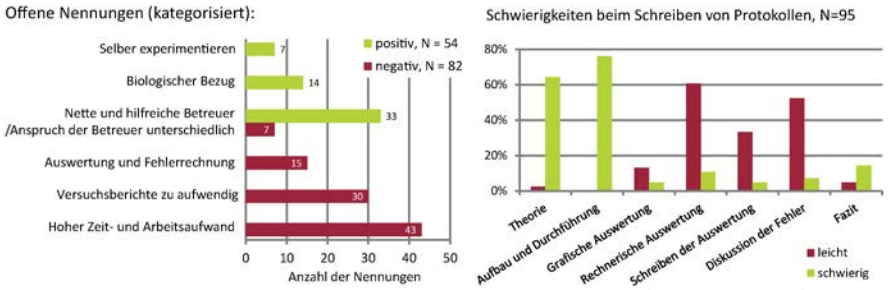


Abbildung 1: Auswertung der studentischen Evaluierung und der Befragung im WS 13/14.

Didaktische Strukturierung

Um die Studierenden bei der Auswertung zu unterstützen, werden modulare Lernvideos produziert, welche dezidierte Hilfestellungen bei Problemen im Bereich der Messdatenauswertung anbieten. Hierzu wurde zunächst das Format der Videos geklärt und eine Liste der benötigten Inhalte erstellt. Nach Analyse verschiedener im Internet verfügbarer Videoformate wurde entschieden, dass in den Videos die auf großformatigem, getöntem Papier schreibende Hand eines Dozenten zu sehen sein soll und dass im Video exakt die Schritte vollzogen und erklärt werden, welche die Studierenden in der Auswertung durchführen müssen. Die Videos werden mit den Programmen Adobe Premiere, Presenter und Captivate in HD-Qualität (720p) erstellt. Die Themenauswahl basiert auf einer Analyse der Praktikumsanleitungen des physikalischen Praktikums der RWTH Aachen und deckt alle geforderten Auswertungskompetenzen von der Mittelwertbildung über die Ermittlung von Messunsicherheiten bis zu komplizierteren Regressionsrechnungen und Linearisierung von Daten mit nicht-linearem Zusammenhang ab. In den Videos wird zusätzlich zur Auswertung „per Hand“, also mit Papier, Stift, Lineal und Taschenrechner, auch die computerunterstützte Auswertung mit Microsoft Excel dargestellt. Im WS 2013/14 wurden Prototypen dieser Lernvideos getestet. In einem Pre-Post-Test mit Kreuzdesign wurde untersucht, ob die Lernvideos die Studierenden bei der Auswertung von Messdaten sinnvoll und zielgerichtet unterstützen. Hierzu wurden Aufgaben erstellt, die realen Auswertungsszenarien im Praktikum entsprechen. Ausgehend von Strom-Spannungs-Messdaten eines ohmschen Widerstandes sollten die Studierenden ein Diagramm mit diesen Messdaten erstellen (Schwierigkeitsgrad: leicht), eine Ausgleichsgerade zeichnen und aus der Steigung den Widerstand ermitteln (Schwierigkeitsgrad: mittel) und eine Messunsicherheit auf den Widerstandswert angeben (Schwierigkeitsgrad: schwer). Die Aufgaben wurden von den

Studierenden sowohl vor als auch nach dem Ansehen der Videos mit jeweils unterschiedlichen Zahlenwerten bearbeitet. Nach der jeweiligen Bearbeitung der Aufgaben wurden die Studierenden zum empfundenen Schwierigkeitsgrad befragt. Die Evaluierung zeigt einen deutlichen Effekt der Bereitstellung von Lernvideos. Beim einfachen Aufgabentyp konnte der Einsatz der Videos die Richtigkeit und Vollständigkeit der Aufgabenlösungen der Studierenden signifikant steigern (KST: 0.61=Max. D>Krit. D=0.32). Bei komplexeren Aufgaben halfen die Videos den Studierenden, die Aufgabe zu verstehen sodass auch Studierende, die die Aufgabe vorher nicht lösen konnten nach dem Treatment Teilleistungen erbringen konnten (Abb. 2, (a) und (b)). In der Kontrollgruppe, welche die Videos nicht zu sehen bekam, wurde keine Verbesserung der Studierendenleistung festgestellt. Durch die Videos wurde nicht nur eine objektive Absenkung der empirischen Aufgabenschwierigkeit erreicht. Die Ergebnisse der Befragung der Studierenden in Abb. 2 (c) verdeutlichen auch, dass der subjektiv empfundene Schwierigkeitsgrad der Aufgaben signifikant reduziert werden konnte (KST: 0.22=Max. D>Krit. D=0.19). Zusätzlich wurden die Studierenden zu Lernvideos im Allgemeinen befragt. Die Studierenden äußerten sich durchweg positiv zu den Lernvideos und gaben an, dass die Lernvideos ihnen geholfen haben, dass sie das Angebot von Lernvideos nutzen würden und dieses für sehr sinnvoll erachten. Auf Basis dieser Ergebnisse wird derzeit die zweite Generation von Videos erstellt.

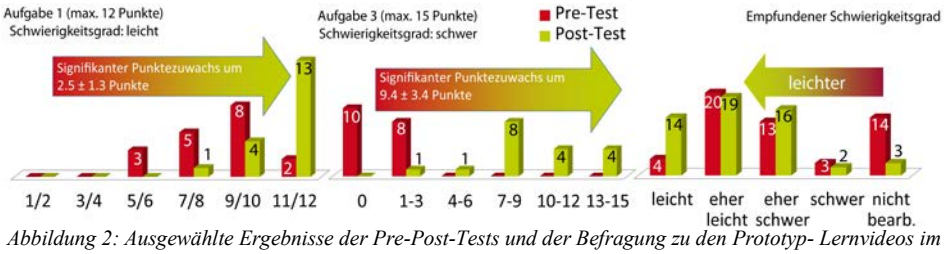


Abbildung 2: Ausgewählte Ergebnisse der Pre-Post-Tests und der Befragung zu den Prototyp- Lernvideos im Physikpraktikum für Biologiestudierende (N=24).

Weitere Planung

Geplant sind bis zu 30, ca. sieben Minuten lange, modulare Videos zu allen praktikumsrelevanten Themen der Messdatenauswertung. Zusätzlich soll es zu einzelnen Themenkomplexen einleitende und erläuternde Videos geben, die den Studierenden als Leitfaden dienen. Die Videos sollen auf einer Online-Plattform bereitgestellt werden, welche den Studierenden den intuitiven und didaktisch sinnvollen Zugang zu den Videos ermöglicht. Diese Plattform und die Videos sollen nicht nur von stationären PCs, sondern auch von mobilen Endgeräten wie Tablets und Smartphones erreichbar sowie auf diesen nutzbar sein.

Literatur

Welzel, M; Haller, K.; Bandiera, M; Hammelev, D.; Kouramas, P.; Niedderer, H.; Paulsen, A.; Robinault, K. & Aufschnaiter, S. v. (1998). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4(1), 29-44.

Schreiber N., Theyßen H., Schecker H. (2009). PhyDid 3/8

Theyßen, H. (2000). Didaktische Rekonstruktion eines Physikpraktikums für Medizinstudierende. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 9, Berlin: Logos

Neumann, K. (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In: Niedderer, H. & Fischler, H. (Hrsg.). Studien zum Physiklernen, Bd. 38, Berlin: Logos

Schwarz, I., Effertz, C., & Heinke, H. (2013a). Entwicklung eines Physikpraktikums für Biologiestudierende der Umgang mit Messunsicherheiten. In PhyDid B, 2014.

Schwarz, I., Effertz, C., & Heinke, H. (2013b). Untersuchungen zur Nachbereitungsform „Protokoll“ im Physikpraktikum für Biologiestudierende. In S. Bernhold (Hrsg.), GDCP-Jahrestagung Hannover 2013.

Schwarz, I., Effertz, C., Theyßen, H. & Heinke, H. (2014). Darstellung von Messergebnissen in Physikpraktika – Probleme und Hilfen. In S. Bernhold (Hrsg.), GDCP-Jahrestagung München 2014.

Katharina Plückers RWTH Aachen
Heidrun Heinke

Mit Mausklicks zu mehr Motivation und Selbstvertrauen im Praktikum?

Zusammenfassung
Multimedialen Lernumgebungen wird ein großes Potential zugeschrieben, die Vorbereitung von Studierenden auf Physikalische Praktika effektiver und damit die eigentliche Praktikumszeit lernwirksamer zu gestalten (Fricke et al., 2011; Zastrow, 2001). Aufbauend auf ein adressatenspezifisches Physikpraktikum für Medizinstudierende werden neue Ansätze für eine solche Vorbereitung entwickelt und untersucht. Befragungen von Medizinstudierenden im Physikpraktikum weisen auf Motivationsprobleme, teilweise fehlendes Selbstvertrauen sowie bestehende Ängste während der Versuche hin. Die Motivation der Studierenden soll deshalb durch den Einsatz von Videos in einer versuchsvorbereitenden multimedialen Lernumgebung gefördert werden, welche die Verknüpfung zwischen medizinischen und physikalischen Zusammenhängen veranschaulichen. Außerdem sollen in dieser Lernumgebung Interaktive Bildschirmexperimente (IBE) zur Verdeutlichung der grundlegenden Funktionen des Versuchsaufbaus zum Einsatz kommen, die dabei helfen, bestehende Ängste und Unsicherheiten der Studierenden im Umgang mit den Versuchsapparaturen abzubauen.

Ausgangssituation
Das physikalische Praktikum für Medizinstudierende an der RWTH Aachen orientiert sich stark an einem entsprechenden adressatenspezifischen Praktikum nach dem Konzept von Theyßen (Theyßen, 1999). Dieses Konzept schließt neben der strikten Auswahl der Versuchsinhalte nach ihrer medizinischen Relevanz auch eine kleinschrittige Versuchsanleitung und eine abschließende Erarbeitung der physikalischen Grundlagen nach der Versuchsdurchführung ein. Bestandteil der Versuchsanleitungen ist ein etwa einseitiger einführender Abschnitt, in dem der medizinische Bezug und die Ziele des jeweiligen Praktikumsversuchs beschrieben werden. Des Weiteren wird innerhalb der Anleitung wiederholt auf den medizinischen Bezug des physikalischen Gegenstands des Versuchs hingewiesen.
In einer Befragung von 139 Medizinstudierenden des ersten Semesters zum Abschluss des Praktikums im WS 2013/2014 stellte sich heraus, dass zwar 85 % dieser Studierenden den einleitenden Abschnitt der jeweiligen Versuchsanleitung meistens bis immer gelesen haben, aber 66 % der Studierenden diesen Teil der Anleitung selten bis nie als motivierend für die Versuchsdurchführung empfanden. Außerdem wurde der medizinische Bezug des Praktikums trotz der oben beschriebenen Bemühungen bei der Umsetzung eines adressatenspezifischen Praktikums fast 50 % der Studierenden nicht deutlich. 58 % der Studierenden halten die Inhalte des Praktikums für ihre weitere Ausbildung für nicht wichtig. Weiterhin ergab die Befragung, dass mit 31 % der Praktikumsteilnehmer fast ein Drittel der Studierenden Angst hatte, etwas beim Experimentieren falsch zu machen. Die Befragung deutet damit mit einer mangelnden Motivation der Studierenden einerseits und existierenden Ängsten im Umgang mit den experimentellen Apparaturen andererseits auf starke Lernhemmnisse hin, denen durch eine geeignet gestaltete einführende multimediale Lernumgebung begegnet werden soll.

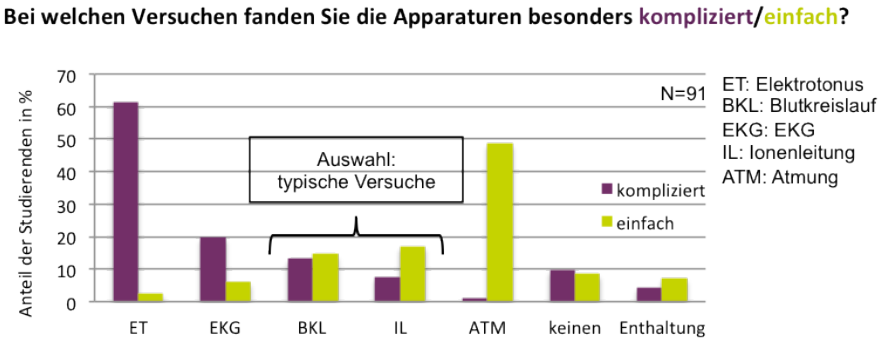


Abb. 1: Ergebnisse einer Umfrage unter Medizinstudierenden im WS 2013/2014 über deren Einschätzung, bei welchen Versuchen sie die Apparaturen als besonders kompliziert bzw. einfach empfunden haben.

In der Befragung konnten die Studierenden auch angeben, welchen der fünf Versuche sie als besonders kompliziert bzw. einfach empfunden haben. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Studierendenantworten, auf deren Basis die Versuche BKL und IL für die Studie zur Untersuchung der Wirksamkeit einer multimedialen einführenden Lernumgebung ausgewählt wurden. Beide Versuche stellen aus Studierendensicht typische Versuche dar, die hinsichtlich ihrer Komplexität nach Studierendeneinschätzung gleichwertig erscheinen.

Forschungsfragen und Studiendesign

Wie oben bereits erwähnt, sollen die Motivation und das Selbstvertrauen von Medizinstudierenden bei der Durchführung von Experimenten im Physikpraktikum mit Hilfe von versuchsvorbereitenden multimedialen Lernumgebungen gestärkt werden. Hierzu sollen Videos und Interaktive Bildschirmexperimente in den Lernumgebungen eingesetzt werden.

Zur Erhöhung der Motivation soll den Studierenden der medizinische Bezug des physikalischen Themas der Versuche mit Hilfe von Videos verdeutlicht werden. Videos über physikalische Versuche sind in der Lage, bei Schülerinnen und Schülern die Motivation, den betreffenden Versuch durchzuführen, zu erhöhen (Mézes et al., 2012). In unserem Fall wird ein kurzes Video den medizinischen Bezug des entsprechenden Versuchsthemas und die Ziele des Praktikumsversuchs darstellen. Die verwendeten Videos werden dabei in Zusammenarbeit mit dem Audiovisuellen Medienzentrum des Universitätsklinikums Aachen erstellt, welches über umfangreiche Erfahrungen in der Konzeption und Realisierung multimedialer Lernumgebungen speziell für Medizinstudierende verfügt. In einer Feldstudie soll eine erste Forschungsfrage untersucht werden:

FF1: Ist es möglich, mit Videos Medizinstudierende besser für die Versuchsdurchführung im Physikpraktikum zu motivieren als mit einem Text vergleichbaren Inhalts?

Mit den kurzen Videos werden IBE verknüpft, welche den Studierenden ein Kennenlernen der Versuchsapparaturen bereits vor der Versuchsdurchführung ermöglichen. Zastrow hat beobachtet, dass durch den Einsatz eines IBE zu den Messgeräten eines Versuchs vor der Versuchsdurchführung die Praktikumszeit effektiver genutzt wird (Zastrow, 2001). Eine positive Akzeptanz des Einsatzes von IBE in der Versuchsvorbereitung eines Physikpraktikums wird ebenfalls durch Fricke konstatiert (Fricke, 2012). Es wird vermutet, dass IBE den Studierenden die Möglichkeit eröffnen, sich mit der auf sie zukommenden experimentellen Situation vertraut zu machen und dadurch selbstsicherer in die Praktikumsversuche zu gehen. Die sich daraus ergebende Forschungsfrage lautet:

FF2: Ist es möglich, mit einem IBE Ängste der Medizinstudierenden vor der Durchführung physikalischer Versuche besser abzubauen als mit einem Text zur Beschreibung des Experiments?

Um die Wirksamkeit der Videos zur Steigerung der Motivation und der IBE zum Abbau von lernhemmenden Ängsten im Umgang mit den experimentellen Apparaturen auch separat beurteilen zu können, wird das in Abbildung 2 dargestellte Untersuchungsdesign umgesetzt werden. Dabei werden die Probanden in vier Gruppen eingeteilt, in denen Video und IBE miteinander bzw. jeweils mit einer vergleichbaren Textdarstellung der Inhalte kombiniert werden. Die vierte Gruppe mit ausschließlicher Textdarstellung des medizinischen Bezugs des Versuchs und der Versuchsbeschreibung erlebt die derzeit übliche Herangehensweise in Physikpraktika und stellt damit eine Kontrollgruppe dar.

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Kontrollgruppe
Medizinischer Bezug	Video	Text	Video	Text
Versuchs-beschreibung	IBE	IBE	Text	Text

Abb. 2: Einteilung der Probanden in vier unterschiedliche Gruppen.

Die situationsbezogene Motivation und die situationsbezogene Angst der Studierenden während der Versuchsdurchführung soll mithilfe von Fragebögen erhoben werden, welche in die kleinschrittigen Versuchsanleitungen integriert werden, um möglichst die aktuellen Situationen zu erfassen. Als Kontrollvariablen werden einmalig zu Beginn des Praktikums die Selbsteinschätzung zur Physik und zum Experimentieren erhoben.

Ausblick

Im kommenden Wintersemester wird das Untersuchungsdesign mit Prototypen für das IBE und das Video im BKL-Versuch getestet. Diese Pilotierung dient ebenfalls der Optimierung des Videomaterials und der IBE. Zusätzlich wird bei ausgewählten Studierenden der Lernerfolg bezüglich des Verständnisses zwischen den physikalischen und medizinischen Zusammenhängen mit Hilfe von Concept Maps erhoben. Die Hauptstudie ist für das WS 2015/2016 geplant.

Literatur

Fricke, A., Schecker, H., Rückmann, I., (2011). Hypermedia in der Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum. In PhyDid B - Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Münster

Mézes, C., Erb, R., Schröter, E. (2012). Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. In PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule Nr.11, 17-27

Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines Adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Berlin: Logos Verlag

Zastrow, M.U. (2001). Interaktive Experimentieranleitungen: Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. Berlin: Logos Verlag

Ines Lammertz RWTH Aachen
Heidrun Heinke

Lernerfolge im Physikpraktikum durch Wandlung der Feedbackkultur

Gründe für eine Wandlung der Feedbackkultur im Physikpraktikum

Lange bevor Hattie die Bedeutung von Feedback für eine effektive Gestaltung von Lernprozessen weltweit publik machte (Hattie, 2013), wurde einem sinnvoll um- bzw. eingesetzten Feedback bereits ein entscheidender Beitrag zum Lernen zugeschrieben (Kulhavy, 1977). Während im schulischen Umfeld das Feedback im Regelfall von didaktisch geschultem Personal gegeben wird, kommen bei der Betreuung von Kleingruppen in universitären Lehrveranstaltungen oft studentische Tutoren zum Einsatz, für welche die sinnvolle Umsetzung von Feedback eine große Herausforderung darstellt. Deshalb wurden im physikalischen Praktikum der RWTH Aachen in den vergangenen Jahren vielfältige Unterstützungsangebote für die Sicherstellung eines lernwirksamen Feedbacks durch studentische Betreuer entwickelt, deren Grundideen und Akzeptanz unter den studentischen Adressaten des Feedbacks nachfolgend dargestellt werden.

An der RWTH Aachen werden im physikalischen Praktikum jährlich etwa 2000 Studierende sogenannter Nebenfächer durch ca. 70 studentische Tutoren betreut. Diese Tutoren haben zumeist wenig bis keine Erfahrung beim Formulieren von lernwirksamem Feedback. Eine Analyse von 40 Versuchsberichten nach Korrektur durch die studentischen Tutoren im SS 2013 zeigte, dass das schriftliche Betreuer-Feedback in den Versuchsberichten vom Umfang her sehr stark variiert (Minimum: 0 Wörter, Maximum: 173 Wörter) und in 14 % aller Fälle nicht konstruktiv oder sogar negativ formuliert ist. Weiter belegte eine Videostudie mit elf Tutoren, dass das freie mündliche Betreuer-Feedback zu Vorträgen im Physikpraktikum mit einem Anteil von 62 % überwiegend negativ formuliert ist (Voigt, 2011). Gerade das negativ formulierte Feedback ist nach DeNisi und Kluger (2000) allerdings problematisch, weil es bewirken kann, dass Studierende aufgabenbezogenes Feedback als persönliche Kritik empfinden. Dies kann von der eigentlichen Aufgabe ablenken und darüber hinaus zu Selbstzweifeln, Ärger oder Frustration führen (DeNisi & Kluger, 2000). Zudem weisen die Evaluationsberichte der Physikpraktika seit Jahren darauf hin, dass die Bewertung der eingereichten Versuchsberichte von vielen Studierenden als subjektiv wahrgenommen wird. Deshalb wurden an der RWTH Aachen in den letzten Jahren umfangreiche Anstrengungen zur Verbesserung der Feedbackkultur im Physikpraktikum unternommen. Es wurden Feedbackbögen mit dem Ziel entwickelt, Feedback aufgabenspezifisch zu formulieren, zu objektivieren und besser zu strukturieren. Da im Praktikum verschiedene Lernziele adressiert werden, erfordert dies auch spezifische Feedbackinstrumente. Einen Überblick über die verschiedenen Lerngelegenheiten im Praktikum und die zugehörigen Feedbackformen gibt Abb. 1.

Zum Nutzen von Feedbackbögen

Sadler (1989) betont, dass Feedback erst dann wirksam sein kann, wenn Lehrende und Lernende einen gemeinsamen Erwartungshorizont bezüglich der Qualität der Lösung einer Aufgabe haben. Diese Einschätzung wird durch Wingate (2010) gestützt. Er beobachtet eine sinkende Motivation von Lernenden, Feedback ernst zu nehmen, wenn die Aussicht auf eine erfolgreiche Bewältigung der Aufgabe gering ist. Dies kann in Situationen auftreten, in denen kein gemeinsames Verständnis von Lehrenden und Lernenden bezüglich der Aufgabenanforderungen vorliegt. Feedbackbögen können helfen solche Verständnisprobleme zwischen Tutoren und Studierenden zu vermeiden, da durch sie die Erwartungen an die Studierendenleistungen klar kommuniziert werden. Im Regelfall sind diese Studierendenleis-

tungen in Physikpraktika Versuchsberichte, die an der RWTH Aachen durch Vorträge und Kurzveröffentlichungen (2- bis 3-seitige wissenschaftliche „Paper“) der Studierenden ergänzt werden. Für alle drei Leistungen wurden spezifische Feedbackinstrumente entwickelt.

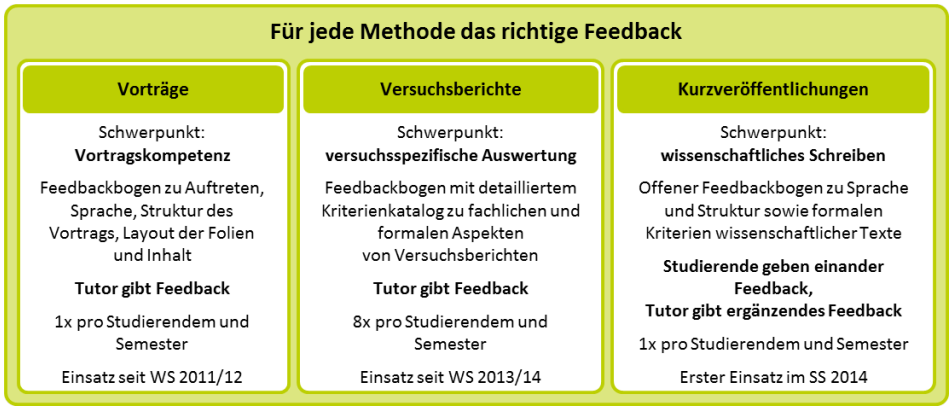


Abb. 1: Lerngelegenheiten mit zugehörigen methodenspezifischen Feedbackinstrumenten im Physikpraktikum der RWTH Aachen

Im Fall der Versuchsberichte verdeutlichen Feedbackbögen u.a. wesentliche wiederkehrende Anforderungen an solche Berichte, die elementare Lernziele eines Physikpraktikums betreffen. Insbesondere die Strukturiertheit der Feedbackbögen sollte bei der Kommunikation eines Erwartungshorizontes an die Versuchsberichte hilfreich sein. Zudem zeigen Feedbackbögen für Versuchsberichte auch, wo Versuchsschwerpunkte liegen oder welchen Stellenwert einzelne Versuchsteile im Versuchsbericht haben sollten. Den Besonderheiten einzelner Versuche wird durch die Entwicklung versuchsspezifischer Feedbackbögen Rechnung getragen (Schröder, 2014). Auch für die Studierendenvorträge wurden Feedbackbögen entwickelt, die das bis dahin ausschließlich mündlich gegebene Feedback ergänzen. Dies wurde initiiert, nachdem elf Vortragende dahingehend interviewt wurden (Voigt, 2011), ob und wie viele von den im mündlichen Feedback enthaltenen Informationen von den Studierenden tatsächlich aufgenommen wurden. Es wurde festgestellt, dass sich die Studierenden einen Tag nach dem Vortrag und dem Feedback zum Vortrag nur noch an 26 % des erhaltenen Feedbacks erinnerten. Über zwei Drittel des Erinnerten betraf negatives Feedback. Zudem zeigte sich in einer Videostudie, dass studentische Tutoren im freien Feedback vor allem die physikalischen Inhalte der Vorträge und nur selten Aspekte der Vortragsgestaltung in den Fokus des Feedbacks rückten. Feedbackbögen können hier in mehrfacher Hinsicht Abhilfe schaffen: Durch die Gestaltung der Feedbackbögen kann der Schwerpunkt des Feedbacks klar auf die Aspekte der Vortragsgestaltung statt auf die physikalischen Inhalte gelegt werden. Zudem kann durch eine geeignete Formulierung der Bögen sowohl negativ-konstruktives als auch positives Feedback von den Tutoren explizit eingefordert werden. Da die Feedbackbögen den Studierenden ausgehändigt werden, fördern sie auch die Nachhaltigkeit des Feedbacks, das in dieser Form durch die methodisch fokussierten Rückmeldungen bei der Erstellung weiterer Vorträge genutzt werden kann.

Mit der Einführung von Kurzveröffentlichungen der Studierenden im Praktikum zur Vermittlung von Grundlagen des wissenschaftlichen Schreibens wurden auch die Feedbackinstrumente ergänzt. Während die Feedbackbögen zu Versuchsberichten und zu Vorträgen von den Tutoren für die Studierenden ausgefüllt werden, wird ein wesentlicher Teil des Feedbacks zu den Kurzveröffentlichungen den studentischen Autoren von ihren Kommilitonen im Rahmen einer Peer-Feedback-Intervention gegeben. Auch dabei kommen Feedbackbögen zum Einsatz. Der Schwerpunkt dieser Bögen liegt auf dem wissenschaftlichen Schreiben.

Anders als die Feedbackbögen für Versuchsberichte und Vorträge, die überwiegend aus mit Ankreuzfeldern gekoppelten Freitextfeldern bestehen (Lammertz, 2014), umfasst der Feedbackbogen für Kurzveröffentlichungen ausschließlich Freitextfelder, in denen die Sprache, die Struktur und die Form wissenschaftlicher Texte adressiert werden. Der Feedbackbogen bildet die Grundlage einer halbstündigen Besprechung, in der die Studierenden die Texte der gesamten Praktikumsgruppe gemeinsam mit dem Tutor diskutieren. Die Verfasser der einzelnen Kurzveröffentlichungen erhalten eine schriftliche Zusammenfassung der Kommentare ihrer Peers zusammen mit einer vom Tutor ausführlich korrigierten und kommentierten Version ihrer Kurzveröffentlichung. Damit wird die Verantwortung, auf Schwächen in den Kurzveröffentlichungen hinzuweisen und konstruktive Verbesserungsvorschläge zu unterbreiten, die sonst allein beim Tutor liegt, erfolgreich auf die ganze Gruppe verteilt. Die Ausführlichkeit und Vollständigkeit der Rückmeldungen können so durch den Einsatz mehrerer Korrektoren (Peers und Tutor) erhöht werden (Bouzidi & Jaillet, 2009). Die Studierendenrückmeldungen zu den Feedbackbögen waren bisher sehr positiv. So gaben etwa 90 % der befragten Chemie-Studierenden im WS 2011/12 (N=78) und im WS 2013/14 (N=87) an, dass sie das Feedback zu ihrem Vortrag hilfreich fanden. Die Feedbackbögen zu Versuchsberichten wurden im WS 2013/14 im Studiengang Biologie erstmalig großflächig evaluiert. 66 % von 78 Befragten urteilten, dass die Anforderungen an Versuchsberichte durch die Feedbackbögen für sie klarer geworden seien. 75 % stimmen der Aussage „Die Feedbackbögen machen die Beurteilung der Versuchsberichte nachvollziehbarer.“ zu. Im WS 2013/14 wurden zusätzlich 17 studentische Tutoren bezüglich des zum Ausfüllen der Feedbackbögen nötigen Zeitaufwands befragt. Mit der Mehrheit von 82 % bewerteten sie, dass sich die Feedbackbögen mit vertretbarem zusätzlichen Aufwand ausfüllen lassen. Rückmeldungen zu Feedbackbögen für Kurzveröffentlichungen wurden im Studiengang Werkstoffingenieurwesen im SS 2014 erstmalig eingeholt. 17 von 21 Teilnehmern der Peer-Feedbackintervention fanden den Feedbackbogen beim Formulieren von Feedback in der Diskussionsrunde hilfreich.

Ausblick

Künftig werden zu weiteren Versuchen versuchsspezifische Feedbackbögen für Versuchsberichte erstellt. Zudem wird mittels einer Think-Aloud-Studie mit studentischen Tutoren untersucht, ob und welche Schwierigkeiten beim Ausfüllen der Feedbackbögen zu Versuchsberichten auftreten. Die Feedbackbögen zu Kurzveröffentlichungen werden im Studiengang Chemie im WS 2014/15 erneut evaluiert.

Literatur

Bouzidi, L. & Jaillet, A. (2009). Can online peer assessment be trusted? Educational Technology & Society, 12, 257-268

DeNisi, a. & Kluger, A.N. (2000). Feedback effectiveness: Can 360 degree appraisals be improved? Academy of Management Executives, 14, 129-139

Hattie, J. (2013). Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag

Kulhavy, R.W. (1977). Feedback in Written Instruction. Review of Educational Research, 47(1),

Lammertz, I., Siegert, S. & Heinke, H. (2014). Feedbackbögen zu Protokollen im Physikpraktikum. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 576 - 578). Kiel: IPN

Sadler, D.R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. Instructional Science, 18, 199-144. doi: 10.1007/BF00117714

Schröder, J. (unveröffentlicht): Entwicklung und Evaluation von Feedbackbögen für Versuchsberichte im Physikpraktikum. Bachelorarbeit an der RWTH Aachen (2014)

Voigt, M. (unveröffentlicht). Entwurf und Validierung eines Feedbackbogens zu mündlichen Präsentationen in Physikalischen Praktika. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien (2011)

Wingate, U. (2010). The impact of formative feedback on the development of academic writing. Assessment and Evaluation in Higher Education, 35, 519-533. doi: 10.1080/02602930903512909

Michael Komorek[1] [1]Universität Oldenburg
Thomas Wilhelm[2] [2]Universität Frankfurt am Main
Martin Hopf[3] [3]Universität Wien
Bernd Ralle[4] [4]Technische Universität Dortmund

Fachdidaktische Entwicklungsforschung

Von fachwissenschaftlich gegebenen Inhalten zu den Lerngegenständen des Schulfaches zu kommen, ist mehr als ein Vorgang der Reduktion von „zu schwierigen" wissenschaftlichen Erkenntnissen und Prinzipien mit dem Zweck der „Didaktischen Vereinfachung". Welche Sachstrukturen und Elementarisierungen im Naturwissenschaftsunterricht verwendet werden, ist stark durch Traditionen bestimmt, die u. a. durch Schul- und Experimentierbücher weitergegeben werden. Lehrkräften hilft es oft, auf diesen Schatz an Erfahrungen zurückgreifen zu können. Es gibt aber auch empirische Studien, die zeigen, dass traditionell für geeignet empfundene Herangehensweisen viele Lernschwierigkeiten unberücksichtigt lassen und andere Sachstrukturen zu besserem Verständnis bei Schülerinnen und Schülern führen können; manche Elementarisierung jedoch erzeugt Vorstellungen, die lernhinderlich sind, weil sie spätere Erweiterung des Gelernten erschweren. Dass im Unterricht nach wie vor Stolpersteine für das Lernen vorhanden sind, fordert dazu auf, die Lücke zwischen Unterrichtspraxis und fachdidaktischem Wissen zu schließen. Dies versucht die fachdidaktische Entwicklungsforschung, indem sie durch Entwicklung und Evaluierung unterrichtliche Lehr-Lernarrangements iterativ entstehen lässt, deren Legitimierung sie aus systematisch gewonnenen Einsichten in grundlegende Probleme des fachlichen Lernens erhält. Die Arbeiten der Naturwissenschaftsdidaktiken werden hin und wieder vereinfachend zwischen den beiden Polen der „Grundlagenforschung" und der „anwendungsbezogenen Forschung (und Entwicklung)" eingeordnet, wobei diese Pole als Gegensätze angesehen werden. Unter einer eher naiven Perspektive wird vermutet, Ergebnisse der Grundlagenforschung fänden von selbst ihren Weg in die Praxis und praktische Anwendungen hätten keine Auswirkung auf Fragen der Grundlagenforschung. Dies ist tatsächlich nicht der Fall. Deswegen geht es bei der fachdidaktischen Entwicklungsforschung darum, lernförderliche Lernumgebungen zu entwickeln und diese systematisch auf die Entwicklung expliziter Theorien des Lernens in diesem Themenbereich zu beziehen. Entwicklung und Forschung finden im Idealfall in Zyklen aus Design, Umsetzung, Analyse und Re-Design statt. Theoretische Überlegungen werden in die Entwicklung der Lehr-Lernarrangements integriert und im Gegenzug explizite Praxiserfahrungen in die Theorie.

Design-Based Research und verwandte Ansätze

Die Begriffe „Design-Based Research" (Design-Based Research Collective, 2003), „Design Research" (Wilhelm & Hopf, 2014), „Fachdidaktische Entwicklungsforschung" (Prediger & Link, 2012) oder „Didaktik als Design Science" drücken obige Grundidee aus. Der Ertrag dieser Forschung besteht in Entwicklungsprodukten wie Schulbüchern, Unterrichtsmaterialien, vorläufigen Unterrichtsdesigns (vgl. Komorek & Prediger, 2013) und in übertragbaren theoretischen, designbezogenen Erkenntnissen sowie in empirischen Forschungsergebnissen. Auch die partizipative Aktionsforschung ist diesem Ansatz sehr ähnlich (Ralle & DiFuccia, 2014), ebenso das „Modell der Didaktische Rekonstruktion" (Kattmann et al., 1997), bei dem es sich um ein entsprechendes langfristiges Forschungsprogramm handelt: Zunächst wird ein Thema fachlich geklärt und die Lernerperspektive dazu empirisch erfasst, bevor beide Seiten systematisch aufeinander bezogen werden, um schließlich eine Lernumgebung zu gestalten. Tradierte Sachstrukturen müssen dabei oft tiefgreifend reorganisiert werden, um Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen wissenschaftlicher Sicht und Lernersicht als Anknüpfungspunkte für erfolgreiche Lernprozesse zu nutzen (Komorek et al., 2013).

Abgrenzung Fachdidaktischer Entwicklungsforschung

Weit verbreitet sind in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung dagegen Ansätze, die versuchen, die Wirkungen ausgewählter einzelner Faktoren auf Lehren und Lernen zu identifizieren. Bei diesen Ansätzen ist es notwendig, möglichst viele Variablen konstant zu halten; oft werden dazu Laborstudien unter streng kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Die Reliabilität dieser Studien ist hoch, wie sie aber zur Verbesserung von Unterrichtsrealität beitragen können, wie valide sie also sind, ist von den Akteuren dieser Forschung oft nicht zu beantworten. Hier soll nicht gegen diese Form der Forschung polemisiert werden, denn ihre Ergebnisse spielen im Rahmen eines komplexeren Verständnisses von fachdidaktischer Forschung durchaus wichtige Rollen. Im Gegensatz dazu geht aber fachdidaktische Entwicklungsforschung explizit davon aus, dass sich „funktionierende" Lernumgebungen in einem komplexen authentischen Wechselspiel verschiedener Einflussfaktoren entwickeln und sich Komplexität aus Gründen der Validität empirischer Studien nicht beliebig reduzieren lässt. Das Ganze ist eben mehr als die Summe seiner Teile. Dieser Ansatz versucht, Lernumgebungen trotz komplexen Zusammenwirkens von Einflussfaktoren zu entwickeln und zu verbessern.

Zu vermeidende Verkürzungen

Prediger et al. (2013) nennen fünf Verkürzungen reduktionistischer Forschung, denen fachdidaktische Entwicklungsforschung versucht entgegenzutreten und die gleichsam als Gütekriterien für die Art der Forschung zu sehen sind:

1. Rekonstruktion statt Reduktion der fachlichen Inhalte. Für die Lernbarkeit sind Einfachheit und geringe Komplexität nur bedingt gute Voraussetzungen. Eine gut an die Vorstellungen der Lernenden angepasste Struktur kann zugänglich und lernbar sein, auch wenn sie komplex und in gewisser Weise schwierig ist; hier darf man Lernende nicht unterschätzen. Die Strukturierung von Lerngegenständen erfordert ein komplexes Zusammenspiel aus bildungsbezogenen normativen Setzungen, fachlichen Analysen und insbesondere Gegenüberstellungen zu den empirisch erhobenen Perspektiven der Lernenden sowie eine sorgfältige empirische Überprüfung, ob die intendierten Ziele erreicht werden. Die rekonstruierten fachlichen Inhalte für den Unterricht können Vereinfachungen aus Sicht der fachlichen Struktur enthalten, sie stellen aber vor allem eine Verdichtung auf das Elementare und das Exemplarische dar und können auch Neukonstruktionen sein.

2. Prozessorientierung statt alleiniger Ertragsorientierung. Das Erkennen des Erreichens oder Nicht-Erreichens eines Lernstandes erlaubt nur in seltenen Fällen, eindeutig auf Ursachen und damit auf die damit verbundenen Denk- und Lernprozesse rückzuschließen, wenn nicht solides empirisches Wissen über typische Verläufe und Hürden vorliegt. Eine gut fundierte Kompetenzmessung basiert zwar auf Spezifizierungen der getesteten Lerngegenstände als intendierte Erträge der Lehr-Lernprozesse, sie liefert aber zu wenige Anhaltspunkte dafür, *wie* Lerngegenstände zeitlich und logisch zu strukturieren sind, um vom Lernenden bestmöglich und sinnstiftend gelernt zu werden. Soll dagegen die didaktische Forschung und Entwicklung tatsächlich theoretisch und empirisch abgesichertes Wissen über Lehr-Lernprozesse generieren, so muss sie gerade diese Lehr-Lern-Prozesse analysieren. Sie darf sie nicht als Black-Box in klassischen Prä-Post-Designs betrachten, sondern sie muss sie selbst zum Objekt der Beforschung und Aufklärung machen (Komorek & Duit, 2004; Gravemeijer & Cobb, 2006; Prediger & Link, 2012). Dafür ist das forschungsmethodische Spektrum zu erweitern.

3. Gegenstandsspezifität statt Allgemeingültigkeits-Postulat. Die Beforschung von Lehr-Lernprozessen für jeden einzelnen Lerngegenstand ist von großer Bedeutung, weil sie jeweils entscheidende Rückwirkungen auf die Theorien zur fachlichen Strukturierung von Lerngegenständen im Konkreten und im Allgemeinen liefert (vgl. Zwetzschler & Prediger, 2013). Darin steckt ein enormer Aufwand fachdidaktischer Forschung und Entwicklung,

denn Ergebnisse aus Arbeiten zu anderen Lerngegenständen erweisen sich nur als partiell übertragbar.

4. Ökologisch valide Adaption anstatt alleiniger Praxistransfer. Eine stark isolierende Forschung kann zwar zu reliablen, aber nicht zu „ökologisch validen" Ergebnissen führen. Die Metapher der Ökologie des Lebensraumes macht deutlich, dass eine allzu große Reduktion von Komplexität bei Forschungsgegenständen wie Unterricht und Klassenverhalten deren „Eigenartigkeit" vernichtet und Forschungsergebnisse nur begrenzten Wert haben, wenn sie nicht in die komplexe Realität rückübersetzt werden können. Dabei bringen erfahrene Lehrkräfte unverzichtbare Expertisen über ihre spezifischen Arbeitsbedingungen vor Ort ein. Diese müssen mit der fachdidaktische Theoriekompetenz der Forschenden symbiotisch zusammenkommen, um Unterrichtsdesigns für reale Klassenraumsituationen zu planen, zu erproben und zu optimieren. Das Gebot der ökologischen Validität verbietet also die verkürzende Vorstellung eines simplen Praxistransfers. Stattdessen ist die ökologisch valide Adaption selbst in die Planung von Forschungs- und Entwicklungsprozessen einzubinden.

5. Professionalisierung der Akteure statt alleiniger Dissemination. Auch wenn praxistaugliche gegenstandsspezifische Lehr-Lernarrangements zur Verfügung stehen, muss für eine breite Umsetzung mehr passieren, als Unterrichtsmaterialien zu disseminieren (wörtlich „zu streuen"). Die Implementation erfordert den Einbezug der Akteure, vorrangig der Lehrkräfte. Ihre Professionalisierung ist daher ein weiterer wichtiger Aspekt, um Verkürzungen zu vermeiden. Auch die besten Unterrichtsdesigns drohen weitgehend folgenlos zu bleiben, wenn der Prozessschritt der Lehrerprofessionalisierung nicht ebenfalls in ein Gesamtkonzept der fachdidaktischen Entwicklungsforschung integriert wird. Lehrerperspektiven, ihre fachlichen und fachdidaktischen Vorstellungen, ihre subjektiven Theorien vom Lernen ihrer Schülerinnen und Schüler und vom Strukturieren von Unterricht müssen einbezogen werden.

Literatur

Design-Based Research Collective (2003): Design-based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. In: Educational Researcher 32, 5-8.

Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In: J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.). Educational Design research: The design, development and evaluation of programs, processes and products. London: Routledge, 17-51.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung, ZfDN 3(3), 3-18.

Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. International Journal of Science Education, 26 (5), 619-633.

Komorek, M., Fischer, A. & Moschner, B. (2013). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Münster: Waxmann, 43-62.

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.

Prediger, S., Komorek, M., Fischer. A., Hinz, R., Hußmann, S., Moschner, B., Ralle, B. & Thiele, J. (2013). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Münster: Waxmann, 9-23.

Ralle, B. & Di Fuccia, D.-S. (2014). Aktionsforschung als Teil fachdidaktischer Entwicklungsforschung: In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer, 43-55.

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014): Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer, 31-42.

Zwetzschler, L. & Prediger, S. (2013) Der lange Weg zum Herstellen von Beziehungen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung zur Gleichwertigkeit algebraischer Terme. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Münster: Waxmann, 141.156.

Wolfgang Aschauer[1] [1]Pädagogische Hochschule OÖ
Martin Hopf[2] [2]Universität Wien

Einführung elektrischer und magnetischer Felder in der Sekundarstufe II

Einleitung

Der Feldbegriff ist einer der grundlegendsten Konzepte der modernen Physik. In der Schule sind elektrische und magnetische Felder zentraler Bestandteil des Curriculums der Sekundarstufe II. Internationale Studien (z. B. Albe et al., 2001; Demirci, 2006; Furió et al., 2004; Guisasola et al., 2004; Maloney et al., 2001; Pocovi & Finley, 2002; Pocovi, 2007) zeigen jedoch, dass die Konzepte von Lernenden stark von physikalischen Vorstellungen abweichen. Allerdings findet man in der Literatur nur vereinzelt empirisch erprobte Interventionen.

Ziel des Forschungsprojekts ist es daher, eine Unterrichtssequenz zur Einführung elektromagnetischer Felder zu erarbeiten, die Lernende dabei unterstützen soll, physikalisch angemessene Vorstellung zu entwickeln.

Konzept des Einführungsunterrichts

Der inhaltliche Schwerpunkt der Intervention liegt auf der Einführung des Feldbegriffs. Außerdem soll ein Überblick über die Interaktionen, die zwischen den zwei Basiskonzepten Feld und Materie auftreten, gegeben werden. Die Dauer der Intervention soll 100 Minuten nicht überschreiten und aus fünf bis sieben Teilsequenzen bestehen.

Die gesteckten Ziele sollen durch folgende didaktische Leitideen erreicht werden. Es wird nicht der übliche Weg über statische Felder von Punktladungen gewählt, sondern dynamische Prozesse verstärkt betrachtet. Von Anfang an stehen die physikalischen Vorgänge bei der Abstrahlung, Übertragung und beim Empfang von Dezimeterwellen im Mittelpunkt. Die Einstiegssequenz beginnt daher mit einem Demonstrationsversuch zur Informationsübertragung mit Dezimeterwellen. Dieser Versuch zieht sich wie ein roter Faden durch die gesamte Intervention und ermöglicht, alle Interaktionen zwischen Feld und Materie aufzuzeigen. Zudem dürfte die Einführung des Feldes als eigenständiges physikalisches Objekt durch diese dynamischen Prozesse einfacher sein, da bei statischen Feldern schnell der Eindruck entsteht, dass das Feld nur ein Darstellungsmittel und Hilfsobjekt ist.

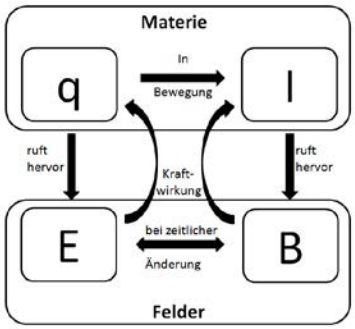


Abb. 1: Concept Map der Basiskonzepte und deren Wechselwirkungen (nach: Bagno & Eylon 1997)

Um die auftretenden Wechselwirkungen zwischen Feld und Materie besser zu verankern, wird schrittweise ein Concept Map (siehe Abb. 1) mit den Lernenden erarbeitet. Dadurch

soll von Anfang an der Aufbau einer hierarchischen Wissensstruktur unterstützt werden. Die Einführung des Feldbegriffs soll durch eine passende Analogie erleichtert werden. In der Dissertation von Braun (2009) wird ein sehr interessanter Effekt beschrieben (Vella & Mahadevan, 2005). Schwimmen zwei Reißnägel auf einer Wasseroberfläche, ziehen sie sich scheinbar wechselseitig an (siehe Abb. 2). Dieser Effekt soll daher als Analogie für die von Feldern vermittelte Wechselwirkung zwischen Materie und Materie eingesetzt werden.

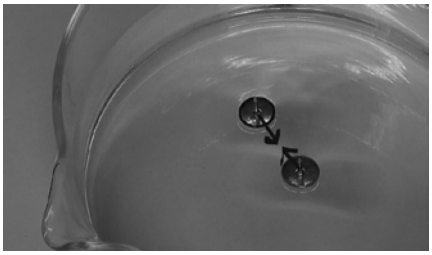


Abb. 2: Scheinbare wechselseitige Anziehung zweier Reißnägel auf einer Wasseroberfläche.

Methodik

Die Entwicklung des Unterrichtskonzepts erfolgt in mehreren iterativen Zyklen von Design des Unterrichts, Evaluation und Re-Designs der Intervention auf Basis der Resultate der Evaluation. Diese erfolgte im Laborsetting mit je einer Schülerin und eines Schülers der 10. bzw. 11. Schulstufe. Die Probanden der Evaluation hatten noch keinen Unterricht über elektrische und magnetische Felder in der Sekundarstufe II erhalten. Insgesamt wurden bisher 8 S/S befragt. Als Evaluationsmethode wurden Akzeptanzbefragungen (Wiesner & Wodzinski, 1996) eingesetzt, die nach jeder Teilsequenz durchgeführt wurden. Wie bei Akzeptanzbefragungen typisch, erfolgte zu Beginn eine Erklärung mit Erläuterungen und Beispielen durch den Interventionsleiter. Anschließend mussten die Probanden das Informationsangebot bewerten. War die Erklärung schlüssig und nachvollziehbar oder entstanden Unklarheiten? Im nächsten Schritt mussten sie die Erklärung mit eigenen Worten wiedergeben und abschließend das Wissen auf konkrete Probleme und Fragestellungen anwenden.

Exemplarische Resultate

In der Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen über die erste Version und über die aktuelle, vierte überarbeitete Version dargestellt. Schon in der ersten Version wurde der Einstieg mit dem Demonstrationsversuch sehr gut angenommen und als sehr interessant bzw. motivierend eingestuft. Auch die Einführung des Feldbegriffs mit der Analogie der Reißnägel auf der Wasseroberfläche bewährte sich. Große Probleme gab es in der dritten Sequenz, die noch viele traditionelle Inhalte aufwies. Vor allem die Feldlinienbilder von Punktladungen erwiesen sich als sehr hinderlich. Daher wurden in den folgenden Überarbeitungen die klassischen Feldlinienbilder sukzessive eliminiert. An ihre Stelle traten Feldanimationen vom TEAL-Projekt des MIT (MIT-TEAL). Außerdem wurden die Inhalte der einzelnen Sequenzen besser dem Einstiegsversuch angepasst. Die aktuelle vierte Version besteht nun aus sechs Sequenzen, die in der Akzeptanzbefragung jeweils ca. 15 Minuten dauerten. Kleine Probleme traten noch in der dritten und sechsten Sequenz auf, wobei dies vor allem das 3. Newtonsche Gesetz im Zusammenhang mit Feldern betraf und die Entstehung magnetischer Felder. In der vierten Sequenz wurde bei der Wiedergabe sehr stark der Fokus auf die Abstrahlung gelegt und die gegenseitige Aufrechterhaltung von E- und B-Feld ausgeblendet.

1. Version	Bewertung	Wiedergabe	Anwendung
Erste Sequenz: Einstieg	+	+	+
Zweite Sequenz: Einführung des Feldbegriffs	+	+	+
Dritte Sequenz: Eigenschaften und Darstellung der Felder	–	~	~
Vierte Sequenz: Dynamische Felder	+	+	~
Fünfte Sequenz: Zusammenfassung	~	~	~

+ ... Gute Bewertung der Erklärung bzw. gelungene Wiedergabe/Anwendung
~ ... mittleres Ergebnis
– ... Erklärung nicht verständlich bzw. nicht adäquate Wiedergabe/Anwendungen

4. Version	Bewertung	Wiedergabe	Anwendung
Erste Sequenz: Einstieg	+	+	+
Zweite Sequenz: Einführung des Feldbegriffs	+	+	+
Dritte Sequenz: Entstehung elektr./mag. Felder	+	+	~
Vierte Sequenz: Sendeantenne	+	~	+
Fünfte Sequenz: Empfangsantenne	+	+	+
Sechste Sequenz: Zusammenfassung	+	+	~

Abb. 3: Resultate der Akzeptanzbefragungen über die erste und vierte Version

Vorläufiges Fazit und Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass der konzipierte Einführungsunterricht unter den von uns gewählten Bedingungen die Entwicklung von physikalisch angemessenen Vorstellungen unterstützt. In allen Versionen hat sich der Demonstrationsversuch zur Informationsübertragung mit Dezimeterwellen bewährt. Die Einführung des Feldbegriffs mithilfe der Analogie von Reißnägeln auf einer Wasseroberfläche unterstützte die Entwicklung des Feldkonzepts. Das Konzept wurde auch in Anwendungssituationen richtig eingesetzt. In der vierten Version wurden die Feldanimationen des TEAL-Projektes eingesetzt und die Inhalte der einzelnen Sequenzen adaptiert. Beides hat sich bei der Akzeptanzbefragung als sehr hilfreich erwiesen. Die Schwierigkeiten bei der Wiedergabe der vierten Sequenz zeigen, dass die Bedeutung der gegenseitigen Erzeugung von elektrischen und magnetischen Feldern noch deutlicher herausgearbeitet werden muss. Momentan wird an der fünften Version gearbeitet. Die Untersuchung der Praxistauglichkeit in einer Feldstudie ist noch ausständig.

Literatur

Albe, V.; Venturini, P.; Lascours, J. (2001): Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics. In: Journal of Science Education and Technology 10 (2), S. 197–203

Bagno, E.; Eylon, B.-S. (1997): From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. In: American Journal of Physics 65 (8), S. 726–736

Braun, T. (2009): http://www.didaktik.physik.uni-duisburg-essen.de/~backhaus/pdfs_fuer_Webseite/ TBraun %20Dissertation.pdf

Demirci, N. (2006): Students´Conceptual Knowledge about Electricity and Magnetism and Its Implications: An Example of Turkish University. In: Science Education International 17 (1), S. 49-64

Furió, C.; Guisasola, J.; Almudí, J.M. (2004): Elementary Electrostatic Phenomena: Historical Hindrances and Student´s Difficulties. In: Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education 4 (3), S. 291–313

Guisasola, J.; Almudi, J.M.; Zubimendi, J.L. (2004): Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. In: Sci. Ed. 88 (3), S. 443–464

Maloney, D.P.; O´Kuma, T.L.; Hieggelke, C.J.; van Heuvelen, A. (2001): Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. In: Phys. Educ. Res., Am J. Phys. Suppl. 69 (7), S. 12–23

MIT-TEAL: http://icampus.mit.edu/projects/teal/ (Stand: 04.2014)

Pocoví, M. C. (2007): The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. In: J. Res. Sci. Teach. 44 (1), S. 107–132

Pocovi, M. C.; Finley, F. (2002): Lines of Force: Faraday's and Students' Views. In: Sci & Educ 11 (5), S. 459–474

Vella, D.; Mahadevan, L. (2005): The "Cheerios effect". In: American Journal of Physics 73 (9), S. 817-825

Wiesner, H.; Wodzinski (1996): Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In: Duit, R.; Rhöneck, C.: Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN

Jan-Philipp Burde[1]
Thomas Wilhelm[1]
Hartmut Wiesner[2]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]Ludwig-Maximilians-Universität München

Das Elektronengasmodell und Möglichkeiten seiner Visualisierung

Die Entwicklung eines unabhängigen Spannungsbegriffs stellt Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I vor enorme Schwierigkeiten. Nach bisherigem Forschungsstand kann die Einführung der Spannung als Potenzialdifferenz als sehr erfolgversprechend angesehen werden (u.a. Schumacher & Wiesner, 1997; Gleixner, 1998; Clement & Steinberg, 2002). Da die Spannung eine Differenzgröße ist, die sich aus der Differenz zweier Potenzialwerte ergibt, erscheint der Aufbau einer bildhaft-anschauungsorientierten Vorstellung des Potenzials als Grundlage der elektrischen Spannung didaktisch sinnvoll.
Das Elektronengasmodell stellt über die Gleichsetzung des Elektronengasdrucks mit dem elektrischen Potenzial einen vielversprechenden Ansatz dar, eine solche anschauliche Erklärung für das Potenzial zu liefern. Im Folgenden wird das Elektronengasmodell inkl. vier möglicher Visualisierungen sowie erste Ergebnisse aus „Teaching Experiments“ vorgestellt. Dieser Artikel beschränkt sich dabei zunächst auf die Frage, welche Darstellungsformen von Schülern akzeptiert werden.

Motivation

Trotz mehrjähriger unterrichtlicher Bemühungen besitzen viele Schülerinnen und Schüler am Ende der Mittelstufe kein angemessenes Spannungskonzept. Stattdessen wird die elektrische Spannung häufig als Eigenschaft bzw. als Bestandteil des in der Vorstellung der Schüler dominierenden elektrischen Stromes verstanden (Rhöneck, 1986). Bisherige physikdidaktische Forschung (u.a. Schumacher & Wiesner, 1997; Gleixner, 1998; Clement & Steinberg, 2002) deutet darauf hin, dass eine der Ursachen für diese Lernschwierigkeit darin zu suchen sein könnte, dass seit Anfang des 20. Jahrhunderts nicht mehr das Potenzial Ausgangspunkt der E-Lehre ist, sondern Lehrbücher größtenteils ohne didaktische Begründung das Strom- und Spannungskonzept zum zentralen Lerngegenstand erhoben haben. Problematisch daran ist, dass sich die Spannung als Potenzialdifferenz immer auf zwei Punkte in einem Stromkreis bezieht und damit komplexer ist als das Potenzial, dass einem Punkt bzw. Leiterabschnitt zugeordnet werden kann. Das Paradoxe ist also, dass von Schülern im Anfangsunterricht erwartet wird, mit der Spannung als Differenzgröße zu operieren, ohne die dahinterstehende Größe selbst, nämlich das Potenzial, zu kennen, geschweige denn zu verstehen (Herrmann & Schmälzle, 1984, S.477).

Das Elektronengasmodell

Bei verschiedenen Unterrichtsansätzen wie dem geschlossenen Wasserkreislauf mit Doppelwassersäule oder dem Stäbchenmodell, die alle auf einem Potenzialansatz basieren, hat sich die visuelle Darstellung des Potenzials als entscheidender Faktor für den Lernerfolg erwiesen (Schwedes, Dudeck & Seibel, 1995, S.35; Gleixner, 1998, S.70). Aufbauend auf der von Clement & Steinberg (2002) erfolgreich erprobten Luftdruckanalogie, versucht das hier vorgeschlagene Elektronengasmodell daher im Sinne von Design-Based-Research (Wilhelm et al., 2011) auf diesen Erkenntnissen aufzubauen und die Luftdruckvorstellung mit einer bildhaft-anschauungsorientierten Vorstellung des Potenzials zu verknüpfen.
Die Grundidee des Elektronengasmodells ist, dass sich in Metallen Elektronen in Teilchenform befinden und sich dort frei bewegen können. Im Gegensatz zu den „Luftteilchen“ sind die Elektronen aber negativ geladen und werden daher durch Abstoßung so weit wie möglich auseinandergetrieben, weshalb sie den ihnen zur Verfügung stehenden

Raum im gesamten Leiter gleichmäßig ausfüllen. Im Leiter kommt es aufgrund der gegenseitigen Coulomb-Abstoßung der Elektronen zu einem von der Elektronendichte abhängigen Elektronengasdruck (für eine fachliche Auseinandersetzung sei auf Burde et al. (2014) verwiesen). Ursächlich für die Ungleichverteilung der Elektronen im Leiter sind dabei die Pole der Batterie. Da am Minuspol ein Elektronenüberschuss herrscht, kommt es in dem mit ihm verbundenen Leiterabschnitt zu einer erhöhten Elektronendichte und damit zu einem erhöhten „Elektronendruck". Der positiv geladene Pluspol hingegen „saugt" ähnlich einem Staubsauger die negativen Elektronen aus dem mit ihm verbundenen Leiterabschnitt, weshalb es hier zu einer verringerten Elektronendichte und damit einem geringeren Elektronendruck kommt. Durch Gleichsetzen des Elektronengasdrucks mit dem elektrischen Potenzial kann so die Spannung als Elektronengasdruckunterschied interpretiert werden.
Aus didaktischer Sicht besteht die Hoffnung nun einerseits darin, dass die Vorstellung vom Elektronengasdruck mit Alltagserfahrungen zum Luftdruck (z.B. Luftpumpen, Spritzen und Fahrradreifen) verknüpft werden kann und andererseits darin, über die Vorstellung der Spannung als Unterschied des Elektronendrucks eine für die Schüler plausible Erklärung zu liefern, dass im Normalfall die Elektronenströmung eine Folge von Druckunterschieden ist.

Verschiedene Visualisierungsformen des Elektronengasmodells
Aufgrund der Bedeutung der Visualisierung des Potenzials auf den Lernerfolg wurden in einem ersten Schritt vier verschiedene Darstellungsformen des Elektronengasdrucks entwickelt. Im Rahmen von „Teaching Experiments" wurde anschließend u.a. untersucht, inwiefern diese Darstellungen von Schülern akzeptiert werden.
Eine naheliegende Visualisierung stellt die Punktedichtedarstellung dar, bei der die Elektronen durch Punkte repräsentiert werden. Dabei gilt: Je höher die Dichte der Punkte bzw. Elektronen und je größer damit die gegenseitige Abstoßung ist, desto größer ist der Druck und damit das Potenzial. Eine etwas simplifizierte Visualisierung stellt die Farbdarstellung dar, bei der auf eine Darstellung von Elektronen verzichtet und stattdessen direkt über die Farbe der Druck bzw. das Potenzial ersichtlich gemacht wird. Dabei gilt, dass der Druck bzw. das Potenzial umso höher ist, je intensiver das Rot ist (Andersherum: der Druck ist umso kleiner, je intensiver das Grün ist). Eine weitere Variante dieser Visualisierung ist die Graustufendarstellung, für die gilt: Je dunkler das Grau, desto größer der Druck bzw. das Potenzial.

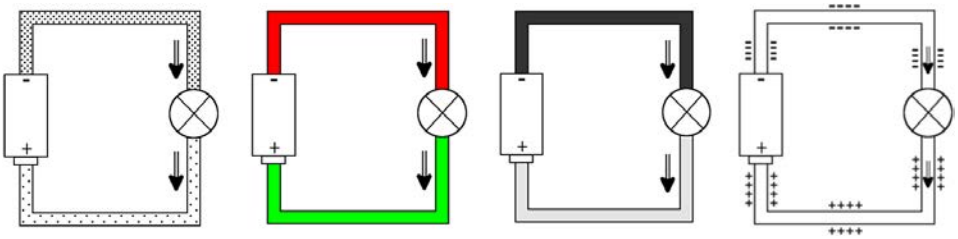


Abb. 1 (v.l.n.r.): Punktedichtedarstellung, Farbdarstellung, Graustufendarstellung, Plus-Minus-Zeichen-Darstellung

Etwas abstrakter hingegen ist die Visualisierung über Plus- bzw. Minuszeichen seitlich eines Leiters, wie sie z.B. im amerikanischen Lehrbuch Chabay & Sherwood (2011, S.760ff) verwendet wird. Die Idee ist hier, einen Elektronenüberschuss durch Minuszeichen und einen Elektronenmangel durch Pluszeichen neben den Leitern zu symbolisieren. Dabei ist die Anzahl der Plus- und Minuszeichen proportional zum Elektronenmangel bzw. Elektronenüberschuss und damit zum Druck bzw. Potenzial. Viele Minuszeichen stehen also für einen großen Elektronenüberschuss verglichen mit der Anzahl der positiv geladenen

Atomrümpfe, damit für einen Elektronenüberdruck und damit für einen hohen Potenzialwert. Viele Pluszeichen stehen hingegen für einen großen Elektronenmangel und damit netto positiv geladenen Leiter, damit für einen Elektronenunterdruck und damit für einen niedrigen Potenzialwert.

Erste Ergebnisse der Akzeptanzbefragung

In „Teaching Experiments“ mit neun Schülern einer sechsten Gymnasialschulklasse vor deren ersten Elektrizitätslehreunterricht zeigte sich, dass das Elektronengasmodell und die mit ihm verbundene Atom- und Druckvorstellung von den Schülern weitgehend akzeptiert und verstanden wurde. Zur Evaluation der vier vorgestellten Visualisierungen wurden die Schüler u.a. gefragt, die verschiedenen Darstellungen nach ihrer Verständlichkeit zu ordnen und selber Potenziale in Stromkreisen einzuzeichnen. Dabei zeigte sich relativ deutlich, dass die Punktedichtedarstellung gefolgt von der Farbdarstellung von den Schülern für am verständlichsten empfunden wurde, während die Graustufendarstellung und insbesondere die Plus-Minus-Darstellung bei den Schülern als Visualisierung auf keine Akzeptanz stoß.

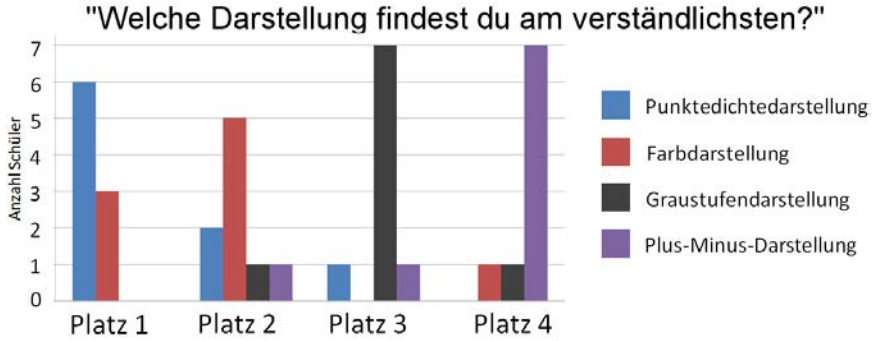


Abb. 2: Rangfolge der Verständlichkeit der verschiedenen Visualisierungen nach Einschätzung der Schülerinnen und Schüler

Interessant ist ferner, dass die Schüler beim Lösen von Aufgaben mehrheitlich nicht auf die Punktedichtedarstellung zurückgriffen (nur 3 Schüler), sondern auf die Farbdarstellung (6 Schüler). Es ist zu vermuten, dass hier praktische Erwägungen eine entscheidende Rolle gespielt haben, da sich das farbliche Einfärben eines Stromkreises mit Farbstiften als deutlich unkomplizierter erwiesen hat als das Einzeichnen unzähliger Punkte per Hand.

Literatur

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Wiesner, H. (2014). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Frankfurt 2014, www.phydid.de

Chabay, R. W.; Sherwood, B. A. (2011). Matter & Interactions. Hoboken N.Y.: Wiley

Clement, J. J.; Steinberg, M. S. (2002). Step-Wise Evolution of Mental Models of Electric Circuits: A „Learning-Aloud“ Case Study. In: The Journal of The Learning Sciences, 11 (2002) 4, S.389-452

Gleixner, C. (1998). Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial, Dissertation LMU München

Herrmann, F.; Schmälzle, P. (1984). Das elektrische Potential im Unterricht der Sekundarstufe I. In: MNU 37 (1984) 8, S.476-482

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand, Naturwissenschaften im Unterricht-Physik, 34 (1986) 13, S.108-112.

Schumacher, M.; Wiesner, H. (1997). Erprobung des Potentialansatzes in der Elektrizitätslehre in Form einer Akzeptanzbefragungssequenz. In: Vorträge Physikertagung, DPG Tagung 1996, S.573-578

Schwedes, H.; Dudeck, W.-G.; Seibel, C. (1995). Elektrizitätslehre mit Wassermodellen, Praxis der Naturwissenschaften – Physik, 44 (1995) 2, S.28-36

Wilhelm, T.; Tobias, V.; Waltner, C.; Hopf, M.; Wiesner, H. (2011). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Jahrestagung der GDCP in Oldenburg 2011, Lit-Verlag, Münster, 2012, S.31-47

Claudia Haagen-Schützenhöfer Universität Wien
Universität Graz

Physikdidaktische Entwicklungsforschung am Beispiel Geometrische Optik

Problemaufriss

Eine konstruktivistische Sichtweise von Lernen und Unterricht schreibt der Orientierung an Schülerperspektiven wie Interessen, Lernvoraussetzungen und Schülervorstellungen eine grundlegende Bedeutung für zielführende Lernprozesse zu (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Im Bereich der Anfangsoptik, wie in vielen anderen Themenbereichen der Physik, wurden domänenspezifische lernhinderliche Vorstellungen, die vielfach durch Alltagserfahrungen entstehen, jedoch fachlich nicht adäquat sind, hinlänglich erforscht (Duit, 2009). Allerdings scheinen derartige domänenspezifische Lernhindernisse weder im Schulunterricht noch in Schulbüchern genügend Beachtung zu finden. Selbst nach formaler Instruktion, im gegebenen Fall in der Optik, sind Lernende vielfach nicht in der Lage, einfache optische Phänomene fachlich angemessen zu erklären (Andersson & Kärrqvist, 1983; Galili, 1996).
Ziel des hier vorgestellten Entwicklungsforschungsprojekts ist es, Wissen über diese domänenspezifischen Lernhindernisse im Bereich der Anfangsoptik der Schulpraxis niederschwellig zugänglich zu machen und einen forschungsbasierten Lehrgang mit zugehörigen Unterrichtsmaterialien zu entwickeln.

Ausgangslage

Fachdidaktische Forschung im Bereich der Optik zeigt bisher eine Reihe von Ansätzen, die bereits für Schulunterricht erdacht und teilweise auch empirisch überprüft wurden. Ein besonders vielversprechendes Konzept stellt dabei der Lehrgang von Wiesner, Herdt und Engelhard (Wiesner et al., 1995; Wiesner, Engelhardt & Herdt, 1996; Wiesner, Herdt & Engelhardt, 2003; Schmidt-Roedenbeck, Müller, Wiesner, Herdt & Engelhardt, 2005) dar, der auch zahlreiche Ideen von Jung (Jung, 1982) enthält. Herdt (Herdt, 1990) berichtet in seiner Evaluierungsstudie ein signifikant besseres Abschneiden der Klassen, in denen nach dem Lehrgang unterrichtet wurde, verglichen mit konventionell unterrichteten Kontrollklassen.
Wesentliche Unterschiede des Lehrgangs zu konventionellem Optikunterricht liegen vor allem in der durchgehenden Verwendung des Sender-Empfänger-Streukonzepts, auf das alle im Lehrgang besprochenen Phänomene zurückgeführt werden. Des Weiteren zeichnet sich der Lehrgang durch eine späte Einführung abstrakter Strahlenkonstruktionen aus und koppelt Strahlenkonstruktionen immer an das beobachtbare Phänomen, indem dem Weg des Lichtes vom Lichtsender (Lichtquelle) über unterschiedliche Wechselwirkungen mit Materie bis hin zum Empfänger (Beobachter) großer Stellenwert eingeräumt wird (Wiesner, 2007).

Lehrgangsentwicklung

Als Grundlage für den zu entwickelnden Lehrgang wurde die von Wiesner et al. (Wiesner et al., 1995, Wiesner et al., 1996, Wiesner et al., 2003, Schmidt-Roedenbeck et al., 2005) verwendete Sachstruktur herangezogen und an Rahmenbedingungen des österreichischen Schulsystems (Curricula, etc.) angepasst. Des Weiteren flossen aktuelle fachdidaktische Entwicklungen und Schwerpunkte (z. B. kompetenzorientierte, differenzierte Aufgabenstellungen) sowie die Möglichkeiten des Einsatzes moderner Medien ein.
In einem ersten Schritt wurden die dem Lehrgang immanente Sachstruktur und Lernstrategien in Schülermaterialien umgesetzt. Das Design der Schülermaterialien folgte entlang des von Ejersbo (Ejersbo et al., 2008) beschriebenen Design-Based-Research

Zyklus, der aus zwei verschränkten Prozessräumen besteht: dem Produktenwicklungsraum und dem Forschungsraum. Einerseits wird ausgehend von einem Ausgangsproblem - im konkreten Fall die unbefriedigende Leistung von Lernenden nach Optikunterricht - ein Produkt in iterativen Schleifen designt, in Interventionen erprobt und basierend auf Ergebnissen der Intervention einem neuen Designzyklus zugeführt und redesignt. Andererseits wird ausgehend von demselben Ausgangsproblem ein weiterer zyklischer Prozess, der Forschungszyklus, in Gang gesetzt mit dem Ziel parallel zum Produkt-Design-Zyklus domänenspezifische bzw. lokale Theorien über das Lernen der Subdomänen von Optik zu generieren (siehe Abbildung 1).

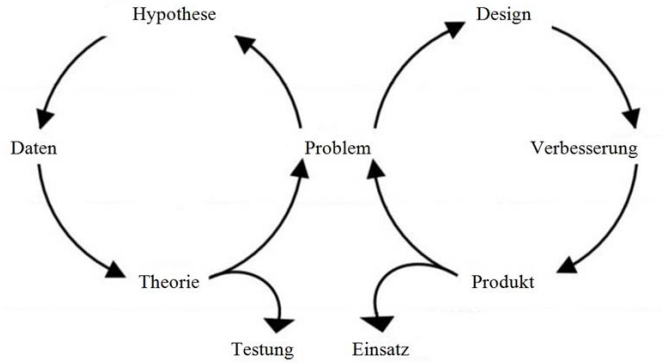


Abb. 1: Model des Design-Based-Research: adaptiert nach (Ejersbo et al., 2008, S.5)

Umsetzung

Im konkreten Fall wurden die Wirksamkeit einzelner Teilbereiche der in Unterrichtsmaterialien übersetzten Lehr-Lernarrangements mittels Micro-Lehr-Lernsitzungen (Akzeptanzbefragungen siehe Haagen-Schützenhöfer, Rottensteiner & Hopf, 2013; Haagen-Schützenhöfer, Fehringer & Hopf, 2014) untersucht. Hierbei galt es, Lernprozesse der Probanden zu rekonstruieren und lernhinderliche Instruktionselemente zu identifizieren, um diese in weiteren Designzyklen durch zielführendere Strategien zu ersetzen.

Diese Micro-Lehr-Lernbefragungen wurden mit jeweils 12-14 Schülerinnen und Schülern zu den Teilthemen - geradlinige Ausbreitung von Licht, physikalischer Sehvorgang, Sehen von selbstleuchtenden und beleuchteten Gegenständen, Streuung von Licht und Körperfarben - durchgeführt. Hierzu wurden Schülerinnen und Schüler in Zweierteams von einem Instruktor mit Hilfe des Lehrgangmaterials unterwiesen. Keiner der Probanden hatte zuvor eine formale Instruktion in Optik. In diesen Micro-Lehr-Lernsitzungen wechselten kurze Phasen der Instruktion (Informationsangebote) mit kurzen Interviewphasen (Akzeptanzfragen) ab, in denen Fragen nach der Akzeptanz des Inputs, Verständnisschwierigkeiten und Transfer- bzw. Verallgemeinerungsleistungen der Probanden nachgegangen wurde. Die Videos dieser Lehr-Lernsitzungen wurden der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) unterzogen. Erkenntnisse über die domänenspezifischen Verständnisschwierigkeiten, die durch die vorgelegten Unterrichtsmaterialien ausgelöst wurden, wie auch allgemeine Erkenntnisse bezüglich der Lernprozesse, die durch den Lehrgang initiiert wurden, konnten als Ausgangsbasis für einen neuen Design-Zyklus herangezogen werden.

Ergebnisse

Als Ergebnisse können Befunde auf mehreren Ebenen berichtet werden. Einerseits konnten auf der Microebene (Ebene der Verständlichkeit einzelner Basiskonzepte)

Schülervorstellungen gefunden werden, die bisher in der uns bekannten Literatur wenig diskutiert werden. Des Weiteren konnten Evidenzen gesammelt werden, dass auf der Macroebene (Ebene der Sachstruktur) eine Thematisierung von Körperfarben unmittelbar in Zusammenhang mit der Sender-Empfänger-Streuvorstellung positive Lerneffekte schafft und zudem den Interessensverläufen der Schülerinnen und Schülern gut angepasst ist.

Literatur

Andersson, B. & Kärrqvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. International Journal of Science Education, 5(4), 387–402.

Duit, R. (2009). Bibliography—STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Retrieved October 20, 2009.

Ejersbo, L.R., Engelhardt, R., Frølunde, L., Hanghøj, T., Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In Kelly, A.E., Lesh, R.A. & Baek, J.Y. (Hrsg.), Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching (S. 149–163): Routledge.

Galili, I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. International Journal of Science Education, 18(7), 847–868.

Haagen-Schützenhöfer, C., Fehringer, I. & Hopf, M. (2014). Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien: Farben. In Bernholt, S. (Hrsg.), GDCP Jahrestagung in München 2013: Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 639–641). Münster/New York: LIT Verlag.

Haagen-Schützenhöfer, C., Rottensteiner, J. & Hopf, M. (2013). Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien. In Bernholt, S. (Hrsg.), GDCP Jahrestagung in Hannover 2012: Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen (S. 431–433). Kiel: IPN.

Herdt, D. (1990). Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag.

Jung, W. (1982). Fallstudien zur Optik. physica didactica, 9, 199–220.

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.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

Schmidt-Roedenbeck, C., Müller, R., Wiesner, H., Herdt, D. & Engelhardt, P. (2005). Unterricht Physik, Opitk III/2. Wölb- und Hohlspiegel, Spiegelteleskop, Auge, Farben, Köln: Aulis.

Wiesner, H. (2007). Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Optik (I). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. Physik in der Schule 30 (1992). In Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt D. (1995). Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt D. (1996). Unterricht Physik, Optik II. Brechung, Linsen, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H., Herdt, D. & Engelhardt, P. (2003). Unterricht Physik, Opitk III/1. Optische Geräte, Köln: Aulis.

Thomas Roßbegalle Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Treibhauseffekt und Co. voneinander differenzieren lernen

Dieser Beitrag stellt Ausgangslage, Vorgehen und ausgewählte Ergebnisse eines Promotionsprojektes vor, dessen Ziel es ist, zu den atmosphärischen Phänomenen Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau Lehr-Lernmaterialien für den Einsatz im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zu entwickeln und sie hinsichtlich ihrer Gelingens- und Misslingensbedingungen zu evaluieren. Während der Beitrag im letztjährigen GDCP-Tagungsband (Roßbegalle & Ralle, 2014) Hintergründe der jeweiligen Arbeitsschritte skizziert, fokussiert dieser Beitrag die Darstellung ausgewählter Ergebnisse.

Ausgangslage und Motivation

Seit Ende des 20. Jahrhunderts werden die Einflüsse menschlichen Handels auf natürlich ablaufende Phänomene, z. B. auf den Treibhauseffekt, die Bildung sauren Regens und den stratosphärischen Ozonabbau, immer besser von naturwissenschaftlicher Forschung verstanden. Folglich sind die drei atmosphärischen Phänomene Teil des Schulcurriculums – und dabei insbesondere Teil des Chemieunterrichts – geworden. Trotz der Tatsache, dass Entwicklungsprodukte für den Unterricht publiziert und auch in Schulbücher integriert wurden, haben zuletzt drei Studien (Harsch, Estay & Barke, 2011; Niebert, 2010; Schuler, 2011) empirisch belegt, dass deutsche Schülerinnen und Schüler zahlreiche Probleme haben, die Ursachen, Prozesse und Auswirkungen der drei Phänomene wissenschaftlich belastbar zu beschreiben und insbesondere, die Phänomene voneinander zu differenzieren. Entsprechend ergibt sich für das vorliegende Forschungsprojekt die Aufgabe, Lehr-Lernmaterial für eine bessere Vermittlung von Treibhauseffekt, saurem Regen und dem stratosphärischen Ozonabbau zu entwickeln und hinsichtlich der initiierten Lernprozesse und der auftretenden Hürden zu evaluieren.

Vorgehen

Das Promotionsprojekt ist eingebettet in das Dortmunder Forschungs- und Nachwuchskolleg FUNKEN (vgl. Prediger et al., 2012). Gemäß dem Dortmunder Modell Fachdidaktischer Entwicklungsforschung wurden zwei iterative Zyklen zur Entwicklung von Lehr-Lernmaterialien und deren Evaluation durchgeführt. Die erstellten Lehr-Lernmaterialien sind dabei so konzipiert, dass die Lernenden bei der Erarbeitung zunächst ihr Vorwissen zusammentragen und diskutieren, um es aktiv in den Lernprozess einzubeziehen. Die Materialien wurden anschließend mit Kleingruppen von je zwei bis drei Lernenden erprobt, wobei die Gruppenarbeit außerhalb des Regelunterrichts stattfand und videografiert wurde (vgl. auch *Teaching Experiments* nach Komorek & Duit, 2004). Insgesamt wurden die erstellten Materialien mit fünf Gruppen (14 Lernende, 9. Klasse Gymnasium oder 10. Klasse Gesamtschule) erprobt. Dabei erfolgte ein Iterationsschritt: Die erste Version der Materialien wurde mit drei Gruppen erprobt, auf Basis erster empirischer Erkenntnisse wurde eine überarbeitete Version erstellt, welche mit zwei weiteren Gruppen erprobt wurde. Für die anschließende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden Transkripte ausgewählter Lernsituationen sowie die von den Schülerinnen und Schülern bearbeiteten Arbeitsblätter herangezogen.

Ergebnisse

Die Analysen zeigen, dass die Lernenden zu Beginn der Erarbeitung auf Basis ihres Vorwissens Alternativvorstellungen zu den drei atmosphärischen Phänomenen äußerten. Beispielsweise erkannten sie ein Loch in der Ozonschicht als Ursache des Treibhauseffekts oder

äußerten, dass durch Luftschadstoffe Ozonlöcher entstünden. Jedoch konnte bereits durch die Aufgabe, gemeinsam in der Gruppe je eine Zeichnung zu den Phänomenen anzufertigen, erreicht werden, dass Lernende Unzufriedenheit mit ihrem Vorwissen entwickeln. Dies äußerte sich derart, dass sie hinsichtlich der Logik ihrer Vorstellungen Widersprüche erkannten, Unsicherheit über ihre Vorstellungen äußerten oder verschiedene Erklärungsansätze nicht zusammenbringen konnten. Durch Erarbeitung mit den Darstellungen der Phänomene in Flash®-Animationen haben die Lernenden ihre Vorstellungen verändert. Dabei zeigen die Analysen, dass die Lernenden die Darstellungen der Animationen nicht 1:1 übernehmen, sondern Modifikationen an ihrem Vorwissen vornehmen. Bei diesen fraktionellen Vorstellungsentwicklungen ist festzustellen, dass auch die Vorstellungen der Lernenden nach der Erarbeitung noch wissenschaftlich nicht belastbare Elemente beinhalten. Weiterhin konnten verschiedene Problemstellen in den Erarbeitungsphasen identifiziert werden, wobei hauptsächlich fehlendes Hintergrundwissen der Lernenden oder die nicht adäquate Nutzung alltagsweltlicher Analogien als Problemursache identifiziert werden konnten.

Beispielszene zu Vorstellungsveränderungen zum Treibhauseffekt

Eine suboptimale Vorstellungsveränderung wird in nachstehender Lernsituation verdeutlicht. Abbildung 1a und 1b zeigen die Zeichnungen von drei Schülern (9. Klasse, Gymnasium), welche sie gemeinsam vor und nach der Arbeit mit dem Animationsvideo erstellt haben.

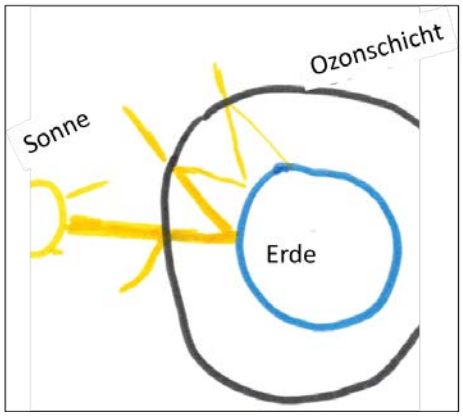


Abb. 1a: Zeichnung auf Basis des Vorwissens

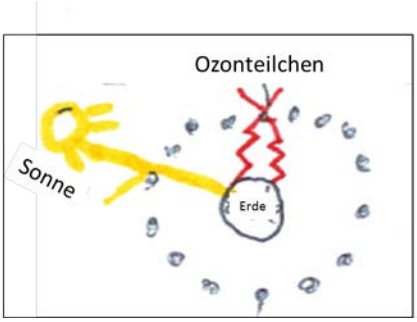


Abb. 1b: Zeichnung nach der Erarbeitung

Sie erläuterten den Treibhauseffekt auf Basis ihres Vorwissens wie folgt (Abb. 1a):

- Sonnenstrahlung kann größtenteils durch die Ozonschicht zum Erdboden gelangen.
- Dort wird sie reflektiert.
- Nur ein geringer Teil der vom Erdboden kommenden Strahlung gelangt ins Weltall, der größte Teil wird durch die Ozonschicht zum Erdboden zurückreflektiert.
- Wegen des Zurückreflektierens durch die Ozonschicht kommt es zur Erwärmung.

Nach der Erarbeitung äußerten sie folgende Darstellung (Abb. 1b):

- Sonnenstrahlung kann größtenteils durch die Ozonschicht zum Erdboden gelangen.
- Dort wird sie aufgenommen, wodurch der Erdboden erwärmt wird. Anschließend gibt der Erdboden Infrarotstrahlung in Richtung Weltall ab.
- Die Infrarotstrahlung kann von Ozonteilchen aufgenommen und in eine zufällige Richtung abgegeben werden. So gelangen Teile der Infrarotstrahlung zurück zum Erdboden.
- Durch die zum Erdboden zurückemittierte Infrarotstrahlung kommt es zur Erwärmung.

Es fällt auf, dass die Lernenden nach der Erarbeitung zwei Strahlungsqualitäten anführen, wodurch sie eingehende von ausgehender Strahlung unterscheiden. Zudem sprechen sie nicht mehr von einer Ozonschicht, sondern von Ozonteilchen. Des Weiteren beschreiben sie unterschiedliche Prozesse für die Wechselwirkung von Strahlung und Materie am Erdboden und an den Ozonteilchen. Dabei behalten sie die Idee bei, dass ausgehende Strahlung von einer Barriere teilweise zurückgeworfen wird, was zu einer Erwärmung führt. Suboptimal an diesem erarbeiteten Verständnis sind vor dem Hintergrund der Lernziele zwei Aspekte:

- Die Lernenden führen eine Erwärmung wie zuvor auf die Ozonschicht zurück, statt auf Treibhausgase. Allerdings ist der Übergang von einem kontinuierlichen Schichtverständnis hin zu einer diskontinuierlichen Barriere (Teilchen) als positiv zu bewerten.
- Sie wenden ein nicht anschlussfähiges Verständnis beteiligter Strahlungen an: Die von den Lernenden genutzte Differenzierung reicht zwar aus, um erklären zu können, weshalb ausgehende, aber nicht eingehende Strahlung mit der Strahlungsbarriere wechselwirkt. Jedoch können die Lernenden mit dem Begriff Sonnenstrahlung nicht erläutern, weshalb oder wie ein Teil der eingehenden Strahlung durch die Ozonschicht vom Vordringen zum Erdboden abgehalten wird. Eine entsprechende Unterteilung von Sonnenstrahlung in UV-Strahlungen und Lichtstrahlung, wie sie in der Animation angeführt wird, haben die Lernenden nicht genutzt.

Fazit und Ausblick

Trotz der auftretenden Probleme geben die beobachteten Lernprozesse Grund zur Annahme, dass ein wissenschaftlich belastbareres Verständnis der Phänomene bei Schülerinnen und Schülern erreicht werden kann, als es empirisch erhoben wurde. Da die erstellten Lehr-Lernmaterialien allerdings erst mit einer kleinen Stichprobe Lernender erprobt wurden, ist eine generelle Belastbarkeit dieser Aussage auf empirischer Basis (noch) nicht möglich. Die Ergebnisse geben jedoch Anlass, die entwickelten Lehr-Lernmaterialien für einen Einsatz im Regelunterricht aufzubereiten und sie unter Schulbedingungen zu erproben. Hierzu ist es unserer Meinung nach sinnvoll, das Forschungsprojekt im Rahmen partizipativer fachdidaktischer Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2002) fortzusetzen.

Literatur

Eilks, I.; Ralle, B. (2002): Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. In: CHEMKON 9 (1), S. 13–18.

Harsch, N.; Estay, C.; Barke, H.-D. (2011): Treibhauseffekt, Ozon und Saurer Regen. Wissensstand und Fehlvorstellungen deutscher und spanischer Schüler. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 60 (3), S. 20–26.

Komorek, M.; Duit, R. (2004): The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. In: International Journal of Science Education 26 (5), S. 619–633.

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

Niebert, K. (2010): Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Prediger, S.; Link, M.; Hinz, R.; Hußmann, S.; Ralle, B.; Thiele, J. (2012): Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: MNU 65 (8), S. 452–457.

Roßbegalle, T.; Ralle, B. (2014): Treibhauseffekt und Co. im Chemieunterricht vermitteln – aber wie?! In: S. Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN (34), S. 621–623.

Schuler, S. (2011): Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels. Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive. Bochum: Europäischer Universitätsverlag [u.a.].

Thomas Toczkowski Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Von der Komplexität einfacher Experimente - alte Stolpersteine neu beleuchtet

Unter den Unterrichtsthemen im Fach Chemie ist die Stöchiometrie in Verbindung mit der Erarbeitung quantitativer Verhältnisse bei chemischen Reaktionen ein beständiger Stolperstein (Schmidt, 1990), der in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder Gegenstand fachdidaktischer Forschung war (einen Überblick geben Taskin & Bernholt, 2014). Trotz vielfältiger Ideen zum Abbau der Lernhürden (z. B. Rossa, 1998; Wohlmuth, 2005; Fach, 2007), wird auch in aktuelleren Studien (Harsch, Heimann & Kipker, 2002; Bernholt, 2012) aufgezeigt, dass bei verhältnismäßig vielen Schülerinnen und Schülern Unsicherheiten und Fehlvorstellungen im Umgang mit chemischen Formeln vorhanden sind.

Nach Johnstone (1997) entstehen einige Probleme durch die begrenzte Informationsverarbeitunskapazität des Arbeitsgedächtnisses (siehe auch 'Cognitive Load Theory', z. B. Paas et al., 2003) bei gleichzeitig hoher Komplexität der Aufgabenstellung: „*List for yourself the number of things the student has to do* [while solving an experimental task]*, the number of observations that have to be made (…) and the number of theoretical ideas that have to be recalled to make sense of these observations and instructions. The total is staggering!*" (Johnstone, 1997, S. 266)

Einen Schritt hin zu einem derartigen Auflisten von Denk- und Arbeitsprozessen, wie sie im obigen Zitat beschrieben werden, hat Scott (1992) mit den „conceptual pathways" für die Analyse von Lehrplänen in der Didaktik der Physik vorgeschlagen. Zusammen mit der Weiterentwicklung durch Petri & Niedderer (2001), die in einem detaillierteren Ansatz auch Zwischenstufen auf dem Weg zu einem adäquaten Verständnis des betreffenden Lerngegenstands beachten, ist dies die Grundlage für die von uns vorgenommene Lernpfadanalyse, mit deren Hilfe zwei konkrete Fragestellungen angegangen werden sollen:
1. Wie können die Denkprozesse von Lernenden genauer analysiert werden, um Hinweise für eine alternative Strukturierung der betreffenden Lerngegenstände zu erhalten?
2. Wie können individuelle Lösungsstrategien der Lernenden identifiziert werden und ggf. im Unterricht eingesetzt werden, um andere Lernende zu unterstützen?

Lernpfadanalyse meint in diesem Projekt die Untersuchung der Abfolge von Denk- und Arbeitsschritten von Lernenden, die bei der Erschließung einer Problemlösung durchlaufen werden. Aus der video- und audiografierten Bearbeitung einer Lernumgebung durch je zwei Schülerinnen und Schüler in einem Design-Experiment wird ein Transkript angefertigt und dieses wird in einen individuellen Lernpfad des Lernerpaares übersetzt.
Als „Richtschnur" für die Analyse dient ein Experten-Lernpfad, der im Vorfeld basierend auf Schulbuchstrategien aus der Sicht eines gedachten, idealen Lerners erstellt wurde (Abb.1). Zur Visualisierung als Flussdiagramm wird der Lernpfad in Sinnabschnitte unterteilt, die einen durchlaufenden Zeitstrahl (grau hinterlegt) bilden. Zu jedem Sinnabschnitt werden links neben dem Zeitstrahl das benötigte Vorwissen und auf der rechten Seite alle aktiven Prozesse gelistet (z. B. Inputs, Beobachtungen, Deutungen, oder auch vorhersehbare Kommunikationselemente zwischen den Lernenden bzw. zwischen den Lernenden und der Lehrkraft) und in eine zeitlich sinnvolle Reihenfolge gebracht.

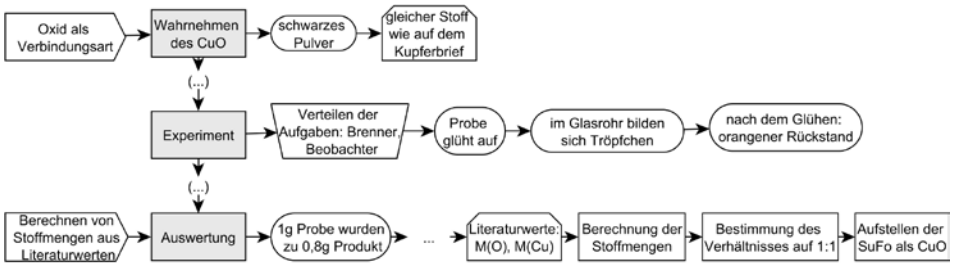


Abb.1: Stark verkürzte Darstellung des Expertenlernpfades zur LU Kupferoxid

Aus den Abweichungen, die der individuelle Lernpfad gegenüber dem Expertenpfad aufzeigt, lassen sich Problemstellen in der Lernumgebung, fehlendes Vorwissen, alternative (ggf. nicht korrekte) Denkmuster oder auch individuelle Lösungsstrategien bei den Lernenden identifizieren. Dieses Verfahren ist gestützt auf Methoden der rekonstruktiven Sozialforschung (Bohnsack, 2010) und ermöglicht eine Visualisierung der individuellen kognitiven Prozesse des Lernerpaares.

In einem der Design-Experimente haben die Schülerinnen und Schüler die Reduktion von Kupferoxid mithilfe von Wasserstoff zur Einführung von Summenformeln über die Entdeckung von konstanten Massenverhältnissen in stöchiometrischen Verbindungen (z. B. Schmidt & Seitz, 1977) durchgeführt. Da die Lerner über unterschiedliches Vorwissen und somit auch über inhomogene Voraussetzungen zur Bewältigung der gestellten Aufgabe verfügen, ist eine variable Durchführung der Deutungs- und Berechnungsprozesse während des Interviews sinnvoll. So können die Vorwissenseffekte identifiziert und ausgeblendet werden. Weiterhin ermöglicht eine solche Vorgehensweise den Lernenden unterschiedliche fachliche Kompetenzen anzuwenden.

Traditionell wird dieser Versuch in einer Weise durchgeführt, dass die Lernenden aus dem Experiment Messdaten generieren, daraus die Massen- und Stoffmengenverhältnisse herleiten und so auf die Summenformel schließen. Bei einer anderen Variante wird die Summenformel als Input gegeben und die Lernenden müssen aus dieser Information eine Prognose über den Ausgang des Experiments herleiten und diese anschließend experimentell überprüfen. Um diese beiden Vorgehensweisen in einem Design-Experiment zu realisieren, wurde ein zweiter Versuch hinzugezogen, bei dem anstelle von schwarzem Kupfer(II)oxid (CuO) nun rotes Kupfer(I)oxid (Cu_2O) im gleichen Experiment eingesetzt wurde. Die Schülerinnen und Schüler erhielten zuerst das schwarze und beim zweiten Durchlauf das rote Oxid, begannen aber jeweils unterschiedlich, entweder mit der entdeckenden oder bestätigenden Variante. Zu untersuchen war, ob die Lernenden durch die zuvor bekanntgegebene Summenformel zielgerichteter experimentieren als beim entdeckenden Vorgehen.

In der Analyse der individuellen Lernpfade zeigten sich drei Kategorien von Besonderheiten: Es traten Probleme im *handwerklichen Experimentieren* auf, beispielsweise beim Einwiegen der Substanzproben in das Porzellanschiffchen oder beim Vervollständigen der Experimentieraufbauten. Ebenso fiel mit Blick auf die *sprachlichen Fähigkeiten* auf, dass die Schülerinnen und Schüler häufig nicht in der Lage waren, ihre Beobachtungen adäquat in Worte zu fassen oder angemessenes Fachvokabular korrekt anzuwenden. Es wurden Begriffe wie „Ionen“ und „Elektronen“ vertauscht, oder das Glühen der Oxid-Probe im Wasserstoffstrom als „Verbrennung“ bezeichnet.

Individuelle Vorgehensweisen sind als dritte Kategorie der gefundenen Besonderheiten im Lernprozess zu nennen. Hier wurden Strategien sichtbar, welche kaum oder gar nicht mehr auf die Grundlagen des üblichen unterrichtlichen Vorgehens zurückgreifen. Sie liefern jedoch oftmals gute Ergebnisse mit weniger Arbeitsaufwand für die Lernenden. Diese Ideen können durch ihre unkonventionelle Art durchaus als Hilfestellung oder Zugänge zur Problemlösung für schwächere Lernende eingesetzt werden. Sie bergen aber aufgrund ihrer unkonventionellen Besonderheiten auch die Gefahr, dass sie im Klassengespräch untergehen oder Verwirrung stiften. Im Folgenden soll ein Beispiel näher beschrieben werden.

Individuelle Strategien können durch den Vergleich der individuellen Lernpfade mit dem Expertenpfad identifiziert werden. Ein Beispiel einer solchen Strategie findet sich in vier von neun Design-Experimenten in unterschiedlich starker Ausprägung wieder. Auf die Frage, wie viel Kupfer denn aus einem Gramm CuO gewonnen werden kann, würde laut Expertenpfad ein Berechnen über die molare Masse und die Stoffmenge des eingesetzten Stoffes erfolgen. In ihrem individuellen Vorgehen entdecken die Schülerinnen und Schüler, dass das Verhältnis der beiden molaren Massen ($M(Cu) \approx 64 g/mol : M(O) \approx 16 g/mol$) kürzbar ist und somit ein Anteil von vier Fünfteln an Kupfer aus der Verbindung gewonnen werden kann. Diese Rechnung enthält nicht nur weniger Arbeitsschritte, sondern ist auch mit weniger Rechenaufwand und somit einem geringeren cognitive load verbunden und wäre somit - auf geeignete Fälle angewandt - eine gute Hilfestellung für schwächere Chemielernende.

Derartige Hilfestellungen sind begrenzt durch ihre limitierte Anwendbarkeit, denn das Kürzen der Verhältnisse bedeutet nicht in jedem Fall eine Erleichterung. Wir vermuten jedoch, dass bei Verwendung entsprechender Beispiele (CuO, CuS, KBr,…) als Einstieg, ansonsten häufig zu beobachtende Hemmschwellen im Umgang mit stöchiometrischen Rechnungen deutlich geringer ausfallen können und so ein unvoreingenommener Zugang zum Thema möglich ist.

In den folgenden Schritten werden die vollständigen Transkripte weiter analysiert, um die Erkenntnisse aus der Lernpfadanalyse zu überprüfen und zu vertiefen. Des Weiteren soll die Einsetzbarkeit der individuellen Problemlöse-Strategien als Hilfestellung im Unterricht respektive im Klassengespräch untersucht - und falls möglich - mit geeigneten Materialien verknüpft werden.

Literatur

Bernholt, S., Fischer, I., Heuer, S., Taskin, V., Martens, J., Parchmann, I. (2012). Die chemische Formelsprache. CHEMKON, 19, Nr. 4, S. 171-178.

Bohnsack, R. (2010). Rekonsttruktive Sozialforschung. Budrich, Opladen.

Fach, M. (2007). Stöchiometrisches Rechnen im Chemieunterricht. In: Parchmann, I., Wloka, K.; Studien zur Kontextorientierung im naturwiss. Unterricht. Der Andere Verlag, Tönning, Lübeck, Marburg.

Harsch, G., Heimann, R., Kipker, A. (2002). Verständnisprobleme mit der Formelsprache im Chemieunterricht. Chimica Didatica, 28/3, S. 251-266.

Johnstone, A.H. (1997). Chemistry Teaching - Science or Alchemy? J. Chem. Edu., 74/3, S. 262- 268.

Paas, F., Renkl, A., Sweeler, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. Educational Psychologist, 38(1), S. 1–4.

Petri, J., Niedderer H. (2001). Kognitive Schichtenstrukturen nach einer UE Atomphysik. ZfDN, S. 53-68.

Rossa, E. (1998) Das Mol im Bild. Chemie in der Schule 45/1, S. 8-13.

Schmidt, H.J. (1990). Stolpersteine im Chemieunterricht. Diesterweg , Frankfurt a.M.

Schmidt, H.J., Seitz, H. (1977). Denken und Experimentieren - Experimentieren und Denken. Aulis, Köln.

Scott, P.H. (1992). Pathways in Learning Science. In: Duit, R., Goldberg, F., Niedderer (Eds.) Research in Physics Teaching. IPN, Kiel.

Taskin, V., Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. Int. J. Sci. Edu. 36:1, S. 157-185.

Wohlmuth, M. (2005). Die Nanoworld. PdN-ChiS 1/54, S. 40-43.

Gerfried Wiener[1,2] [1]CERN, Genf
Sascha Schmeling[1] [2]Universität Wien, AECC Physik
Martin Hopf[2]

Akzeptanzbefragung mit 12-Jährigen zum subatomaren Aufbau der Materie

Theoretischer Hintergrund

Nicht nur in deutschsprachigen Ländern stellt sich aktuell die Problematik, wie man moderne Physik und im Speziellen Teilchenphysik im Physikunterricht einführt. In den meisten Ländern ist das Kapitel der modernen Physik einfach am Ende des jeweiligen Curriculums platziert - wenn überhaupt. Aber nachdem diese Kapitel die wesentlichen Grundlagen für ein fundamentales Verständnis der Natur bilden, könnte dies bereits viel zu spät sein. Um der Forderung nach verstärkter Einbindung der modernen Physik im Unterricht nachzukommen, wurde am CERN ein Unterrichtskonzept entwickelt, welches auf den fundamentalen Grundlagen der Teilchenphysik aufbaut.

Im Rahmen eines konstruktivistischen Verständnisses des Physikunterrichts ist dabei die Erforschung von Schülervorstellungen (students' conceptions) notwendig und stellt gleichzeitig eine stabile Basis für die Entwicklung von adäquaten Lernangeboten dar. Denn nur, wenn man bekannte Vorstellungen und Strukturen im Lehr- und Lernprozess berücksichtigt, können nicht nur Probleme durch Schülervorstellungen frühzeitig vermieden werden, sondern vor allem den Schülerinnen und Schülern ein verständliches und fachlich angemessenes Angebot zur Verfügung gestellt werden, aus welchem dann ein stringent konsistentes Wissen konstruiert werden kann (Duit, 1996; Duit & Treagust, 2003).

Forschungsstand

Untersuchungen von Schülervorstellungen zum atomaren Modell der Materie finden ihren Ursprung in der Chemiedidaktik-Forschung ab den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts. Bereits seit den frühen Anfängen der Untersuchung von Schülervorstellungen bezüglich des atomaren Aufbaus von Materie konnte gezeigt werden, dass das Teilchenmodell vor allem zur Erklärung von Phänomenen von Gasen ausgeprägt ist (Pfundt, 1981; Novick & Nussbaum, 1981; Stavy, 1991). Allerdings verwenden nur wenige Schülerinnen und Schüler das Teilchenmodell im Allgemeinen von sich aus, um Phänomene und Vorgänge in der Physik zu erklären. Speziell bei der Erklärung von Alltagsphänomenen wird nur selten auf das Teilchenmodell als Hilfsmittel zurückgegriffen (Pfundt, 1981; Novick & Nussbaum, 1981; Stavy, 1991). Wird es jedoch als Erklärungsmöglichkeit angeboten, so akzeptieren es viele Schülerinnen und Schüler (Harrison & Treagust, 2000; Snir et al., 2003). Ebenso auffällig ist eine signifikante Altersabhängigkeit in Bezug auf die Akzeptanz des Teilchenmodells. Demgegenüber zeigen sich entwickelte Fehlvorstellungen zum atomaren Aufbau der Materie weitestgehend altersunabhängig (Novick & Nussbaum, 1981; Boz, 2006).

Basierend auf der Tatsache, dass Alltagserfahrungen eher eine Kontinuumsvorstellung denn eine Teilchenvorstellung der Materie nahelegen, lassen sich selbige auch in annähernd allen Studien zu Schülervorstellungen vom Aufbau der Materie unabhängig voneinander reproduzieren (Pfundt, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Harrison & Treagust, 1996; Nakhleh & Samarapungavan, 1999; Boz, 2006; Ozmen, 2011). In vielen Untersuchungen zeigen sich zudem Vermischungen und Überlagerungen von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen (Pfundt, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Boz, 2006). Diese Fehlvorstellungen werden dazu auch noch durch irreführende oder falsche Illustrationen in Schulbüchern unterstützt. Hier sei als Beispiel das mit H_2O-Molekülen gefüllte Wasserglas angeführt, in welchem über den 'Kügelchen' noch einen Wasserspiegel eingezeichnet wird (Andersson, 1990).

Selbst wenn das Teilchenmodell von Schülerinnen und Schülern akzeptiert wird, herrschen in der Regel aber nach wie vor mindestens zwei große Fehlvorstellungen vor: Die Annahme der Existenz von Teilchen beinhaltet nicht a priori das ständige In-Bewegung-Sein der Teilchen und geht auch nicht einher mit der Tatsache des hauptsächlich vorherrschenden leeren Raums zwischen den Teilchen. Dieser Aspekt wird nahezu nie reproduziert, geschweige denn ist er vorab als Vorstellung angelegt (Novick & Nussbaum, 1981; Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Harrison & Treagust, 1996).
Man findet außerdem eine Reihe von Belegen, dass das Unterrichten des Teilchenmodells dazu führt, dass Schülerinnen und Schüler den Teilchen Eigenschaften der Dinge der gewohnten Welt zuordnen. Es findet ein automatisches Übertragen von Aspekten der makroskopischen Welt und von Erfahrungen der Lebenswelt auf die Welt der Teilchen statt (Renstroem, 1987; Andersson, 1990; Boz, 2006; Ozmen, 2011).

Unterrichtskonzept
Der Designprozess basiert auf den dokumentierten Schülervorstellungen. Prinzipiell erschwert die Abstraktheit der zu vermittelnden Inhalte die Entwicklung eines wissenschaftlich korrekten und gleichzeitig verständlichen Angebots. Im konkreten Fall wurde das Hauptaugenmerk auf den permanenten Modellcharakter gelegt, um anhand des Kapitels der Teilchenphysik die Schlüsselfähigkeit der Modellbildung (Mikelskis-Seifert & Fischler, 2003; Gilbert, 2004; Ornek, 2008) frühzeitig zu forcieren. Um der Aktivierung etwaiger Fehlvorstellungen vorzubeugen, lag der zusätzliche Fokus auf sprachlicher Exaktheit der verwendeten Formulierungen. Nachdem fälschliche Abbildungen und Illustrationen als bedeutende Fehlerquelle identifiziert wurden, kam der stringent typographischen Umsetzung von Illustrationen eine weitere zentrale Rolle zu.

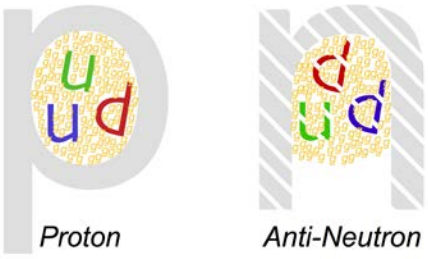


Abb. 1: Typographische Darstellung von Teilchensystemen

Forschungsfrage & methodisches Vorgehen
Zur Bearbeitung der übergeordneten Forschungsfrage: „Inwiefern verstehen Jugendliche das Teilchenkonzept und können es zur Problemlösung verwenden?" wurde auf die Methode der Akzeptanzbefragung nach Jung (1992) zurückgegriffen. Dieses Schema basiert auf Mikrolehrsitzungen, in denen in einer genau festgelegten Abfolge von Befragungsphasen lernförderliche und lernhinderliche Instruktionsbausteine ermittelt werden. Im ersten Schritt wird dem Probanden ein Informationsangebot dargeboten, dessen Plausibilität bewertet wird. Danach erfolgt eine Paraphrasierung "mit eigenen Worten" und in weiterer Folge die Aufgabe, die neuen Inhalte auf konkrete Beispiele anzuwenden.
Das in Instruktionselemente umgesetzte Kapitel zum subatomaren Aufbau der Materie wurde im Zuge einer Testbefragung (n=4) in jeweils 40-minütigen Einzelsitzungen erstmals Schülerinnen und Schülern der 6. Schulstufe vorgelegt. Daraufhin wurde das Konzept geringfügig revidiert und modifiziert. Es folgte ein weiterer Befragungsblock (n=8) und nach einer erneuten, tiefgreifenden Adaptionsphase wurde das Konzept im Rahmen einer Hauptbefragung (n=8) erneut auf dessen Akzeptanz untersucht.

Ergebnisse & Ausblick

Die Akzeptanzbefragungen wurden mittels strukturierender Inhaltsanalyse kategorienbasiert analysiert und ausgewertet (Mayring, 2010). Die Interraterübereinstimmung der beiden Kodierer lag bei $\kappa = 0{,}725$.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Konzept nach zweimaliger Überarbeitung und erweiterten Modifizierungen auf breite Akzeptanz stieß. Die Mehrheit der in Form von Key Ideas formulierten Instruktionselemente wurde von allen Jugendlichen von Beginn an aufgegriffen. Integrale Kernelemente wie die typographische Umsetzung und sprachliche Exaktheit wurden positiv bewertet und als eindeutig lernförderlich erkannt. Vor allem konnte beobachtet werden, dass im Verlauf von zwei Testbefragungen zur Hauptbefragung die Nennung von bekannten Fehlvorstellungen minimiert wurde. Speziell ein Übertragen von alltäglichen Aspekten auf Teilchen wurde deutlich reduziert. Dennoch erwiesen sich bekannte Problemfelder wie zum Beispiel der leere Raum als persistent. Auch der permanente Modellcharakter wurde durchweg als wenig plausibel bewertet. Einen vielversprechenden Ansatz zur Lösung dieser Problematik könnte ein dem Konzept vorangestellter Unterricht über Modelle nach Mikelskis-Seifert & Fischler (2003) liefern.

Für zukünftige Schritte befindet sich eine erneute Forschungsphase bereits in Vorbereitung. Ziel ist es, die Akzeptanz des Konzepts in ähnlicher Form durch erfahrene Lehrpersonen untersuchen zu lassen, um zusätzlich eine Bewertung aus der Lehrerperspektive zu erheben.

Literatur

Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). Studies in Science Education, 18, 53-85

Boz, Y. (2006). Turkish Pupils' Conceptions of the Particulate Nature of Matter. Journal of Science Education and Technology, 15, 203-213

Duit, R. (1996). The constructivist view in science education – what it has to offer and what should not be expected from it. Investigações em Ensino de Ciências, 1, 40-75

Duit R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 25(6), 671–688

Gilbert, J. (2004). Models and modelling: routes to more authentic science education. International Journal of Science and Mathematics Education, 2, 115–130

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. Science Education, 80, 509-534

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, 352-381

Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Ed.), Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN, 278-295

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz

Mikelskis-Seifert, S. & Fischler, H. (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen – Stand der Forschung und Entwurf einer Unterrichtskonzeption. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 75-88

Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. Journal of Research in Science Teaching, 36, 777-805

Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. Science Education, 65, 187-19

Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. International Journal of Environmental & Science Education, 3 (2), 35 – 45

Ozmen, H. (2011). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. International Journal of Environmental & Science Education, 6, 99-121

Pfundt, H. (1981). Das Atom - Letztes Teilungsstück oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. chimica didactica, 7, 75-94

Renstroem, L. (1987). Pupils Conceptions of Matter. A phenomenographic approach. Proceedings of the 2. Int. Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics", 3, 400-414

Snir, J.; Smith, C. L. & Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. Science Education, 87, 794-830

Stavy, R. (1991). Children's Ideas about Matter. School Science and Mathematics, 91(6), 240-244

Sebastian Peters Universität Oldenburg
Michael Komorek

Lernmaterialien zur Einführung in die Bewegungsbeschreibung

Schulbüchern wird eine zentrale Bedeutung als „Rückgrat des Unterrichts“ (Oelkers & Reusser, 2008, 408) zugeschrieben. Neben vielfältigen Funktionen, die sich auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler beziehen, kommen ihnen zudem Funktionen als Lehr- und auch Lernmaterialien für Lehrkräfte zu (Schmit, 2014). Diesen Bedeutungszuschreibungen steht die Erkenntnis gegenüber, dass Schulbücher und andere Lernmaterialien kaum als Forschungs- und Entwicklungsgegenstand der Fachdidaktiken aufgegriffen werden. Anstatt einer forschungsbasierten Konzeption und Evaluation dominiert eher ein „Wildwuchs des Marktes“ (Einsiedler, 2011, 44). Schmit (2014) kommt in einer dokumentarisch angelegten Analyse zu dem Ergebnis, dass aktuell zugelassene Physikschulbücher die an sie gestellten Ansprüche aufgrund ihrer Strukturierung und Gestaltung kaum einlösen können.
Vor dem Hintergrund dieser Diskrepanz haben wir *kompetenzorientierte Lernmaterialien* auf der Basis elaborierter Wissensbestände zur Text-, Grafik- und Aufgabengestaltung konzipiert und systematisch evaluiert. Hierzu wurde die Einführung in die *physikalische Beschreibung von Bewegungen* für die 7. bzw. 8. Klassenstufe als Lerninhalt ausgewählt, wobei die Anbahnung des Geschwindigkeitsbegriffes als vektorielle Größe im Fokus stand.

Konstruktive Entwicklungsforschung
Dem Projekt liegt der Ansatz der *konstruktiven Entwicklungsforschung* zugrunde, die sich nach Wellenreuther (2000, 23ff) durch vier Phasen charakterisieren lässt: die *Problemfindung*, die *Entwicklung*, die abschließende *Erprobung des Programms* und die *Implementierung*. Die konstruktive Entwicklungsforschung weist eine inhaltliche Nähe zum *Instructional Design*-Ansatz auf (u. a. Smith & Ragan, 1999). Während die allgemeine Zielsetzung, Lernumgebungen oder einzelne Materialien systematisch zu konzipieren und ökologisch valide zu evaluieren, ebenfalls mit dem *Design-Based-Research*-Ansatz (vgl. einleitenden Artikel zum Symposium) in Einklang zu bringen ist, lassen sich mit Blick auf einige Grundannahmen ebenso Abgrenzungen vornehmen. So erfolgen der Einbezug von Unterrichtspraktikern und die Erprobung der Entwicklungsprodukte im regulären Unterricht bei dem hier gewählten Ansatz im Anschluss an die Phase der Entwicklung, für die Laborstudien umgesetzt wurden.

Der Forschungs- und Entwicklungsprozess
Die Phase der Problemfindung resultiert aus der Erkenntnis, dass die für einen Gegenstandsbereich vorliegenden Ansätze unbefriedigend sind. Mit Blick auf Schulbücher und andere Lernmaterialien wurde in diesem Zusammenhang die einleitend umrissene Diskrepanz zwischen dem zugeschriebenen Potenzial einerseits und der unzureichenden Forschungsbasierung andererseits herausgearbeitet (Kiper et al., 2010; Schmit, 2014).
Die Entwicklungsphase stellt den Kern des gesamten Prozesses dar. Hierbei wurden zunächst elaborierte Wissensbestände zusammengetragen, die für die Konzeption von Lernmaterialien relevant erscheinen. Diese beziehen sich auf folgende Lernmaterial-Elemente: aufgabengestützte Anlage von *Lernprozessen*, Gestaltung von *Lehrtexten* und *Grafiken* sowie Integration dieser Elemente. Für die Anlage von Lernprozessen wurden die *Basismodelle des Lernens* (Oser & Baeriswyl, 2001) zugrunde gelegt, wobei Lern- und Übungsaufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen verstanden wurden. In Bezug auf die Gestaltung von Lehrtexten wurde auf Ergebnisse aus der *Textverständlichkeitsforschung* zurückgegriffen. Hierbei und insbesondere auch in Bezug auf die Gestaltung von Grafiken

sowie die Text-Grafik-Integration war die Minimierung der *intrinsischen* und *extrinsischen kognitiven Belastung* maßgebend (Clark et al., 2011).

Modell für die Konzeption von kompetenzorientierten Lernmaterialien

Die einzelnen Wissensbestände wurden in einem Entwicklungsprozess-Modell integriert, das durch die *Lernvoraussetzungen* der Schülerinnen und Schüler einerseits (u. a. Vorwissen, Interesse, Aufmerksamkeit) und die angestrebten *Kompetenzen* andererseits bestimmt wird. Die Formulierung der angestrebten Kompetenzen erfolgt dabei in Anlehnung an ein von Schott und Azizi Ghanbari (2012) entwickeltes Beschreibungsformat. Die Autoren schlagen u. a. eine Konkretisierung der angestrebten Kompetenzen durch die Formulierung einer Aufgabenstellung vor, deren erfolgreiche Lösung (*Performanz*) auf das Vorhandensein der Kompetenz schließen lässt.

Darüber hinaus umfasst das Modell eine Differenzierung unterschiedlicher *Strukturierungsebenen* für die Konzeption von Lernmaterialien: *Sachstruktur*, *Lehrstoffstruktur* und *didaktische Struktur* (vgl. Niegemann & Treiber, 1982, 39). Bei der Anlage der didaktischen Struktur werden die Basismodelle des Lernens relevant.

Der Forschungs- und Entwicklungsprozess

Auf der Grundlage dieses Modells wurde eine erste Version des Lernmaterials konzipiert, wobei es im Diskurs der Beteiligten stets zu prüfen galt, ob einzelne Strukturierungs- und Gestaltungsentscheidungen tatsächlich als Umsetzung der theoretischen Wissensbestände verstanden werden können. Infolge dieser *Äquivalenzprüfungen* kam es auch zu Reduktionen, Erweiterungen und Ausschärfungen der Theoriebasis des Modells. Die erste Variante des Lernmaterials wurde mit Schülerinnen und Schülern im Rahmen eines zyklischen Prozesses erweitert, optimiert und unter *Laborbedingungen* evaluiert. Die Probanden wurden hierzu bei der Bearbeitung videografiert, anschließend befragt und mit einem Leistungstest konfrontiert.

Aus der ersten Lernmaterial-Variante (LMV I) wurden dann durch schrittweise Reduktion des Lehrtextes sowie der Aufgabendichte zwei weitere Varianten (LMV II und LMV III) abgeleitet, um unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler gerecht werden zu können. Dabei wurde die didaktische Struktur beibehalten, sodass die Lernmaterial-Varianten eine *parallele Kontentvalidität* aufweisen. Diesem Vorgehen liegt die Annahme zugrunde, dass eher leistungsstarke Schülerinnen und Schüler auch mit weniger Unterstützung (Erklärung, Lernaufgaben) im Lernprozess erfolgreich lernen können. Die abgeleiteten Lernmaterial-Varianten wurden analog zur LMV 1 einem zyklischen Prozess der Optimierung und Evaluation mit Schülerinnen und Schülern ausgesetzt. An den Laborstudien nahmen insgesamt N = 75 Probanden aus verschiedenen Oldenburger Gymnasien teil. Der Einsatz der Instrumente (Interview zu Akzeptanz und Lernergebnissen, Leistungs- und Interessenstest) wurde zur Klärung jeweils aktueller Frage- und Problemstellungen angepasst. Ebenso wurden die Instrumente selbst im Rahmen des zyklischen Prozesses optimiert und evaluiert.

Der Laborstudien-Phase schloss sich eine *Vergleichsstudie* mit N = 55 Probanden an (vgl. Peters et al., 2013). Hierbei wurde ein experimenteller Drei-Gruppen-Plan mit Parallelisierung durch einen domänenspezifischen Test zur Mechanik umgesetzt. Nach der Arbeit an der jeweiligen Lernmaterial-Variante wurden in den Gruppen identische Leistungs- und Interessentests sowie ein Fragebogen zur Akzeptanz der Lernmaterialien eingesetzt. Eine feinmaschige, qualitative Analyse der Schülerantworten im Leistungstest führte u. a. zu der Vermutung, dass das Lernmaterial nicht in ausreichendem Maße zur Konsolidierung des Wissens beiträgt. Daher wurde ergänzend zum Lernmaterial ein Übungsheft entwickelt. Zudem wurde die LMV II für den weiteren Entwicklungsprozess verworfen, da ein Mittelwertvergleich der drei Interventionsgruppen keine Differenzierung

in drei Varianten legitimierte (Peters et al., 2013). Der Vergleich von LMV I und LMV III bestätigte die Hypothese, dass Schülerinnen und Schüler mit eher schlechteren Lernvoraussetzungen mehr von der ausführlichen Variante (LMV 1) profitieren, die ihnen umfassendere Unterstützung im Lernprozess bietet. Die nachfolgende Abbildung 1 stellt den beschriebenen Forschungs- und Entwicklungsprozess mit den zyklischen Phasen zusammenfassend dar.

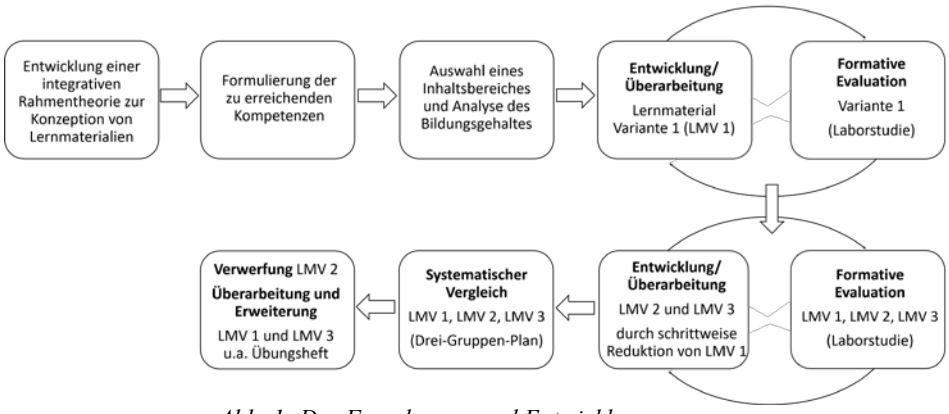


Abb. 1: Der Forschungs- und Entwicklungsprozess

Ausblick

Derzeit wird die Überarbeitung der beiden verbliebenen Lernmaterial-Varianten abgeschlossen. Zur Vorbereitung einer Implementierung, die selbst nicht Gegenstand des Promotionsvorhabens ist, werden begleitende Informationen für die Hand der Lehrkräfte mit didaktisch-methodischen Hinweisen für den unterrichtlichen Einsatz erstellt.

Literatur

Clark, R. C.; Nguyen, F. & Sweller, J. (2011). Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load. [s.l.] : Pfeiffe

Einsiedler, W. (2011). Was ist didaktische Entwicklungsforschung? In W. Einsiedler (Hrsg.), Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung. Bad Heilbrunn: Klinkhard, 41-70

Kiper, H.; Meints, W.; Peters, S.; Schlump, S. & Schmit, S. (Hrsg.) (2010). Lernaufgaben und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht. Stuttgart: Kohlhammer

Niegemann, H. M. & Treiber, B. (1982). Lehrstoffstrukturen, Kognitive Strukturen, Didaktische Strukturen. In B. Treiber & F. E. Weinert (Hrsg.), Lehr-Lern-Forschung. Ein Überblick in Einzeldarstellungen. München [u.a.]: Urban & Schwarzenberg, 37-65

Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenzen umgehen. Bildungsforschung. Band 27. Berlin

Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Ed.), Handbook of research on teaching. 4. ed. Washington, DC: American Educational Research Assoc, 1031-1065

Peters, S.; Schmit, S. & Komorek, M. (2013). Didaktisch designte Lernmaterialien für den Physikunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.); Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, 428-430

Schmit, S. (2014). Schulbücher als Lehr- und Lernmaterialien: Das Thema ‚Bewegungsbeschreibung' in Physikschulbüchern der Sekundarstufe I. Dissertation. Oldenburg

Smith, P. L. & Ragan, T. J. (1999). Instructional Design. 2. ed. New York [u.a.]: Wiley

Schott, F & Azizi Ghanbari, S. (2012). Bildungsstandards, Kompetenzdiagnostik und kompetenzorientierter Unterricht zur Qualitätssicherung des Bildungswesens: eine problemorientierte Einführung in die theoretischen Grundlagen. Münster [u.a.]: Waxmann

Wellenreuther, M. (2000). Quantitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Eine Einführung. Weinheim [u.a.]: Juventa

Nina Dunker Universität Bremen

Berufsbezogene *beliefs* von Grundschullehrkräften zum Experimentieren

Viele Fort- und Weiterbildungsangebote aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung richten sich an Grundschullehrkräfte und haben das Ziel, sie in ihren Kompetenzen zu stärken und ihnen notwendiges Fachwissen und experimentelle Handlungskompetenzen zu vermitteln. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass viele Grundschullehrkräfte zum Teil nur wenig naturwissenschaftliche Inhalte in ihrer Ausbildung an der Universität kennengelernt haben und sich subjektiv häufig „nicht fit“ - insbesondere in den Domänen der unbelebten Natur - fühlen (Blaseio, 2004; Einsiedler, 2002). Gleiches wird auch für den Bereich der Experimentierfähigkeiten berichtet.
Viele Grundschullehrkräfte fühlen sich immer noch sehr unsicher im naturwissenschaftlichen Sachunterricht und gerade vor dem Hintergrund von Zweifeln und Verunsicherung spielen nicht-kognitive Wissensbereiche eine große Rolle. Diese werden immer dann angesteuert, wenn in unsicheren Situationen nach Orientierungsmustern gesucht wird.
Beliefs, im Deutschen auch häufig als Überzeugungen übersetzt, werden neben den Wissensbereichen als Teilkomponenten zu den nicht-kognitiven Komponenten von professionellen Kompetenzen eingeordnet. *Beliefs* werden ein besonderer Einfluss auf die Qualität von unterrichtlichen Handlungen zugeschrieben (Baumert & Kunter, 2006; Haney, Lumpe, Czerniak, & Egan, 2002a; Reusser, Pauli, & Elmer, 2011).

In den letzten Jahren sind immer mehr Untersuchungen zu den professionellen Kompetenzen von Lehrkräften durchgeführt und diese sind damit vermehrt ins Zentrum nationaler und internationaler Forschungen gerückt worden, sodass es viele Hinweise darauf gibt, wie sich die professionellen Kompetenzen von Lehrkräften entwickeln (u. a. Beck, Czerniak, & Lumpe, 2000; Haney, Lumpe, Czerniak, & Egan, 2002b). Den *beliefs* wird häufig eine besondere Bedeutung beigemessen, da sie insbesondere auf Intentionen von Unterrichtszielen wirken und es wird angenommen, dass sie auf der Handlungsebene direkt abgebildet werden (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Reusser et al., 2011). Sie gelten darüber hinaus auch als schwer veränderbar, was insbesondere für den Fortbildungsbereich von großer Bedeutung ist.
Unter *beliefs* oder Beliefssystemen werden Überzeugungen verstanden, die sich einerseits auf das Fach beziehen, aber andererseits auch allgemeine Werthaltungen zum Lehren und Lernen in der Schule beinhalten; motivationale sowie Aspekte der Selbstwirksamkeit kennzeichnen darüber hinaus weitere Facetten der nicht-kognitiven Aspekte von professionellen Kompetenzbereichen (Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser, & Lehmann, 2008). *Beliefs* grenzen sich vom Professionswissen von Lehrkräften ab, worunter fachliches, fachdidaktisches und allgemein-pädagogisches Wissen verstanden wird (Shulman, 1986). Innerhalb der Beliefsforschung werden Desiderate formuliert, die sich zum einen auf die Definition und Operationalisierung von *beliefs* beziehen, zum anderen sollen Möglichkeiten und Grenzen der nachhaltigen Weiterentwicklung von *beliefs* untersucht werden (König, 2012). Bisher gibt es keine gesicherten Forschungsergebnisse über die *beliefs* von Grundschullehrkräften zum Themenbereich Experimentieren. Porlán & del Pozo (2004) berichten in ihrer Studie zu den Überzeugungen von Grundschulreferendaren und Lehrkräften bezogen auf das Lehren und Lernen in den naturwissenschaftlichen Bezugsfächern, dass die Gruppe der Referendare tendenziell eher konstruktivistischere Modelle vom Lernen hat als Lehrkräfte mit mehrjähriger Berufserfahrung, dass diese

Vorstellungen aber in beiden Gruppen nicht überwiegen und statische Überzeugungen das Bild nach wie vor prägen.

In der hier vorgestellten Forschungsarbeit wird das Zusammenspiel von zugrunde liegenden *beliefs* von Grundschullehrkräften zum Experimentieren einerseits und ihrem Wirken auf der unterrichtlichen Handlungsebene andererseits untersucht. Für die Untersuchung wurden folgende Fragestellungen formuliert:

- Welcher Art sind die *beliefs* der Grundschullehrkräfte im Hinblick auf das Experimentieren und das naturwissenschaftliche Lernen im Sachunterricht und wo werden sie im unterrichtlichen Handeln salient?
- Welche allgemein-pädagogischen *beliefs* zum Lehren und Lernen beeinflussen die Lehrkräfte bei der Planung, Durchführung und in der Intention von Lernprozessen? Und schließlich:
- Sind diese *beliefs* veränderbar über die Zeit, wenn die Lehrkräfte die Möglichkeiten bekommen, sie in Bezug zu ihrem eigenen Unterricht mehrfach zu reflektieren?

Für die Untersuchung wurde der Unterricht von sieben Grundschullehrkräften über einen Zeitraum von zwei Jahren zu je zwei Zeitpunkten im Jahr videografiert und Vignetten daraus als *stimulated recall* in einem nachfolgenden Interview eingesetzt. Das Interview zielte darauf, sowohl Optionen für eine mögliche Explikation von *beliefs* zu schaffen, als auch diese in der eigenen unterrichtlichen Handlung über das Video zu reflektieren und damit möglichst unabhängig von sozial erwünschten Äußerungen eine klarere Abgrenzung der zugrunde liegenden *beliefs* zu eröffnen.
Im Rahmen der Datenanalyse wurde eine Fallanalyse durchgeführt, die forschungsmethodologisch und –methodisch mit der Grounded Theory ausgewertet wurde (Muckel, 2011; Strauss & Corbin, 1996). Insbesondere das *theoretical sampling*, welches die Auswahl des Datenmaterials und in diesem Fall die Auswahl der Fälle theoretisch begründet, hat sich als besonders fruchtbar erwiesen (Muckel, 2011). Im Rahmen dieser Studie wurde dem *theoretical sampling* insofern Rechnung getragen, als dass den sieben Untersuchungsfällen noch zwei Kontrastfälle hinzugefügt wurden, um das Konstrukt der individuellen *beliefs* der Untersuchungsfälle auszuschärfen und zu einer fallbezogenen Theoriebildung zu gelangen.

Ergebnisse

Im Hinblick auf die Forschungsfrage, welcher Art die *beliefs* der untersuchten Grundschullehrkräfte zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sind, kann festgestellt werden, dass diese stark individuell geprägt sind, es aber auch Gemeinsamkeiten gibt. Insgesamt herrscht schon eine starke Tendenz zu speziell berufsbezogenen *beliefs*, die sich auf das schulische Lernen allgemein und hier grundschulspezifisches Lernen bezieht, welches deutlich abgegrenzt wird von anderem Lernen. Man findet eine Affinität zu personenbezogenen Schwerpunkten, die besonders affektiv formuliert werden und oftmals in enger Verbindung zum eigenen, biografischen Lernprozess stehen. Dabei wird sehr häufig Bezug genommen zu eigenen Schlüsselerfahrungen, welche die Fälle im Hinblick auf das naturwissenschaftliche Lernen geprägt haben. Eine eher statische Sicht von Lernen ist bei allen sieben Fällen wiederzufinden; Lernen wird auffallend oft mit Wissen gleichgesetzt und bezogen auf bestimmte Lerneffekte. Es ist anzunehmen, dass dahinter eine eher alltägliche, weniger professionelle Sicht, im Sinne des formalistischen Lernens steckt; wobei sich in den komplexen Bildern, die sich aus dem Datenmaterial ergeben, Lehrende sich selbst immer wieder in der Rolle des Vermittlers von Wissensinhalten darstellen. Dieser Aspekt war überraschend, da hier anzunehmen war, dass sich gerade die Grundschullehrkräfte eher im

Sinne eines *fasciliator of learning processes* verstehen. Häufig wird das Lernen in schulischen Kontexten „verdidaktisiert“ erörtert, das heißt, dass formaldidaktischen Elementen wie z. B. der Struktur des Unterrichts größere Bedeutung beigemessen wird als dem Erkenntnisprozess der Lernenden. Gleiches gilt für das so genannte „handelnde Tun“ (Ramseger, 2010): Damit ist gemeint, dass das Handeln der Lernenden im Vordergrund steht, aber nicht unbedingt an einen Erkenntnisgewinn geknüpft sein muss. Gerade im Bereich des Experimentierens geht es den Fällen oft eher um Handlungen, als um bedeutsame Verstehensprozesse. Sehr formalistisch muten auch die Beschreibungen zu Techniken und Arbeitsweisen an, die im Hinblick auf ihre Intention vielmehr als Selbstzweck (explorierend oder als *technical model*) erörtert werden.

Die Vorstellung, dass gerade naturwissenschaftliches Lernen sich auf ein feststehendes Wissensgebäude gründet, dem es von den Lernenden „auf die Schliche“ zu kommen gilt, ist ebenfalls sehr präsent. Auch wird immer wieder zwischen „richtigem“ und „falschem“ Wissen unterschieden und der individuelle Erkenntnis- und Verstehensprozess steht nicht im Vordergrund.

Die Untersuchung gibt wichtige Hinweise darauf, welche Typen von Lehrkräften unterschieden werden können und wie diese sich in der unterrichtlichen Inszenierung auswirken können. Insbesondere für den Fortbildungsbereich von etablierten Lehrkräften gilt es hier noch vertieft weitere Untersuchungen zu den *beliefs* durchzuführen um weitere Hinweise auf deren Art und Wirkweise zu erhalten.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520.

Beck, J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (2000). An Exploratory Study of Teachers' Beliefs Regarding the Implementation of Constrctivism in Their Classrooms. Journal of Science Teacher Education, 11(4), 323–343.

Blaseio, B. (2004). Entwicklungstendenzen der Inhalte des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer - Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare - Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster: Waxmann.

Einsiedler, W. (2002). Empirische Forschung zum Sachunterricht. Ein Überbick. In K. Spreckelsen, K. Möller, & A. Hartinger (Eds.), Ansätze und Methoden empirischer Forschung im Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts (Vol. 5). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Haney, J. J., Lumpe, A. T., Czerniak, C. M., & Egan, V. (2002a). From beliefs to actions: The beliefs and actions of teachers implementing change. Journal of Science Teacher Education, 13(3), 171–187.

Haney, J. J., Lumpe, A. T., Czerniak, C. M., & Egan, V. (2002b). From beliefs to actions: The beliefs and actions of teachers implementing change. Journal of Science Teacher Education, 13(3), 171–187.

König, J. (Ed.). (2012). Teachers' Pedagogical Beliefs. Münster: Waxmann.

Muckel, P. (2011). Die Entwicklung von Kategorien mit der Methode der Grounded Theory. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), Grounded Theory Reader (pp. 333–352). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Retrieved from http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-531-93318-4_15

Porlán, R., & del Pozo, R. M. (2004). The conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. Journal of Science Teacher Education, 15(1), 39–62.

Ramseger, J. (2010, September 20). Was heißt “naturwissenschaftliche Bildung” im Kindesalter? Eine kritisch-konstruktive Sichtung von Angeboten im naturwissenschaftlichen Elementar- und Primarbereich. MINT-Fachtagung vom KMK und JFMK.

Reusser, K., Pauli, C., & Elmer, A. (2011). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge groth in teaching. Educational Researcher, (15), 4–14.

Strauss, A., & Corbin, J. (1996). Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Beltz.

Antje Heine TU Dresden
Gesche Pospiech

Wissenschaftstheoretische Vorstellungen Studierender über die Theoretische Physik

Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft forderte im Jahr 2006 im Rahmen der „Thesen für ein modernes Lehramtsstudium“, dass die Struktur und die Inhalte eines Lehramtsstudiums den späteren Anforderungen im Berufsleben gerecht werden müssen und strebt ein Studium sui generis an (DPG, 2006). Ein Aspekt eines solchen Studiums eigener Art umfasst beispielsweise neben fachdidaktischen Begleit- und Vertiefungsveranstaltungen zu Experimentalphysikvorlesungen auch eigenständige Theorievorlesungen für Lehramtsstudierende. Damit stellt sich gleichzeitig die Frage danach, was eine lehramtsspezifische Vorlesung und Übung in der Theoretischen Physik auszeichnet und vor allem, inwieweit sich diese von jener der Fachstudierenden unterscheidet. Die Vermittlung fachlicher Kompetenz ist mit Sicherheit in beiden Studiengänge von zentraler Bedeutung. Müller und Wilkens (unveröffentlicht) stellen jedoch für die Theoretische Physik in der Lehrerbildung den Vermittlungs- und Bildungsauftrag in den Vordergrund. Für angehende Lehrkräfte sollte deshalb ebenso die Erarbeitung übergeordneter Themen eine zentrale Stellung einnehmen, um das Wesen der Physik zu verstehen. Solch ein „Überblickswissen“ impliziert beispielsweise Inhalte und Themen wie das Verhältnis von Theoretischer Physik und Experimentalphysik sowie Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Physik. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll empirisch überprüft werden, inwieweit Teilaspekte jenes „Überblickswissens“ bei Studierenden vorhanden sind, beziehungsweise wie ausgeprägt und differenziert das Bild über die Theoretische Physik ist.

Theoretische Einordnung

Zunächst im angloamerikanischen, später auch im deutschsprachigen Raum, wurden bereits umfangreich die Vorstellungen von Physiklernenden und auch (angehenden) Lehrkräften über die Natur der Naturwissenschaften untersucht (u. a. Ledermann et al., 2002; Meyling, 1990; Höttecke, Rieß, 2007). Dabei lag jedoch der Fokus der Forschungen eher auf Aspekten, die die Naturwissenschaften im Allgemeinen betreffen, wie zum Beispiel die empirische Basis oder auch die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens sowie der soziale und kulturelle Einfluss (Ledermann et al., 2002). Ebenso sind Vorstellungen zur Rolle des Experiments Bestandteil oder Schwerpunkt vieler Studien (u. a. Carey et al., 1989; Lavonen et al., 2004). Offensichtlich wird dabei die Forschungslücke auf dem Gebiet der Rolle der Mathematik und Theoretischen Physik. Nichtsdestotrotz sind auch Erkenntnisse auf diesem Gebiet notwendig und gewinnbringend, da die mathematisch-theoretische Herangehensweise an physikalische Problemstellungen nicht nur im Studium, sondern auch in der Schule von Bedeutung ist (KMK, 2004). Die Erfassung von Vorstellungen Physiklernender darüber gehört somit im Rahmen physikdidaktischer Forschung zu einem zentralen Untersuchungsgegenstand. Außerdem beeinflussen Vorstellungen von Lehrpersonen deren Unterricht und damit wiederrum die Lernprozesse der Schüler, weshalb eine umfassende Kenntnis der Vorstellungen angehender Lehrer notwendig ist. Aufgrund dessen setzte sich Krey (2012) bereits mit Vorstellungen Physiklernender zur Rolle der Mathematik auseinander. Es zeigt sich außerdem, dass die theoretisch-mathematische Seite der Physik im Gegensatz zur experimentellen nicht nur als Forschungsgegenstand vernachlässigt wurde, sondern auch in den Vorstellungen der Schüler unterrepräsentiert ist. Sie weisen ein stark empiristisch geprägtes Bild der Physik auf und gehen von einer Vorrangstellung des

Experimentes gegenüber der Theorie aus (vgl. Höttecke & Rieß, 2007; Meyling, 1990). Um jedoch den Schülern ein adäquates Bild vom Wesen der Physik zu ermöglichen, ist es eine Grundvoraussetzung, dass dieses Bild auch bei den Lehrpersonen besteht und durch den Unterricht vermittelt wird. Dies entspricht einem Unterricht, welcher die Arbeitsweise der Physik nicht einseitig darstellt, sondern sowohl die experimentelle als auch die theoretisch-mathematische Methode vermittelt und in die Lehr-Lern-Situationen integriert.

Forschungsfragen

Ziel der empirischen Untersuchung ist die Rekonstruktion von wissenschaftstheoretischen Vorstellungen von Studierenden (Fachstudenten und Lehramtsstudenten) über die Theoretische Physik. Anhand der Ergebnisse soll festgestellt werden, ob sich unterschiedliche Typen identifizieren lassen. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche wissenschaftstheoretischen Vorstellungen besitzen Studierende (Lehramts- und Fachstudenten) über die Theoretische Physik?
- Inwiefern unterscheiden sich Lehramts- und Fachstudenten hinsichtlich dieser Vorstellungen?
- Inwiefern unterscheiden sich die Vorstellungen von Studierenden von Expertenansichten?
- Inwiefern verändern sich die Vorstellungen der Studierenden im Laufe des Studiums?

Studiendesign

Die Beantwortung der genannten Forschungsfragen soll durch eine explorativ-qualitative Studie möglich sein. Zunächst erfolgte die Durchführung zweier Vorstudien: zum einen wurden explorative, leitfadengestützte Interviews mit sowohl Fach- als auch Lehramtsstudierenden über die Theoretische Physik gehalten, zum anderen fanden Expertengespräche mit Dozenten der Theoretischen und Experimentalphysik statt, um die Konstruktion des Fragebogens für die Hauptstudie zu unterstützen. Jener Fragebogen enthält geschlossene Fragen zum Interesse an Theoretischer und Experimentalphysik sowie der Bedeutung beider Fachbereiche für die eigene berufliche Zukunft. Im Mittelpunkt stehen jedoch mehrere offene Fragen, welche eine strukturgebende Funktion für eine aufsatzähnliche Textproduktion zur Frage „Was ist eigentliche Theoretische Physik?“ aufweisen.

Beschreibung der Stichprobe

Im Folgenden soll das Sample der Studierenden, die im Rahmen der Hauptstudie befragt wurden, näher beschreiben werden. Die Stichprobe umfasst insgesamt 106 Studentinnen und Studenten, wobei die Lehramtsstudierenden einen Anteil von 66 % (N=70, Vollerhebung), die Fachstudierenden von 34 % (N=36) ausmachen. Die Verteilung auf die einzelnen Jahrgänge ist insgesamt relativ ausgeglichen. Das Interesse aller Befragten an Experimentalphysik ist hoch, wobei jenes der angehenden Lehrkräfte signifikant höher ist im Vergleich zu den Fachstudenten. Betrachtet man jedoch die Interessenmittelwerte für den Bereich der Theoretischen Physik, so ist der Unterschied zwischen beiden Gruppen deutlich größer und die Lehramtsstudierenden haben ein geringeres Interesse an Theoretischer Physik (vgl. Abb. 1). Hinsichtlich des Notendurchschnittes der Abschlussklausuren unterscheiden sich die befragten Gruppen ebenso signifikant in den meisten Bereichen. Lediglich die Ergebnisse der Klausuren der Experimentalphysik I zeigen keine Unterschiede zwischen Fach- und Lehramtsstudierenden (vgl. Abb. 2).

Die dargestellten Daten sind allerdings vor dem Hintergrund zu betrachten, dass es sich bei den Lehramtsstudierenden um eine Vollerhebung handelt, bei den Fachstudierenden jedoch eine positive Selektion zu vermuten ist, da die Teilnahme an der Befragung mit einem freiwilligen Zusatztermin verbunden war.

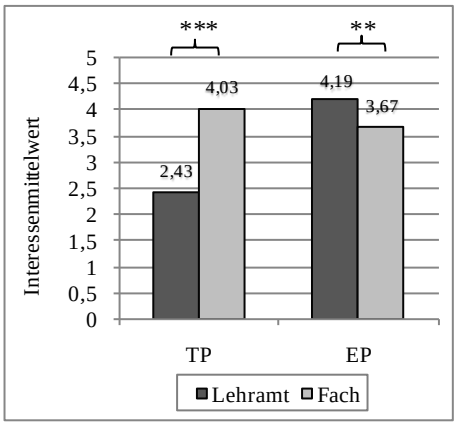


*Abb. 1: Interessenmittelwerte ($1 \leq x \leq 5$) für Theoretische Physik (TP) und Experimentalphysik (EP) von Lehramts- und Fachstudierende (**$p \leq .01$, ***$p \leq .001$)*

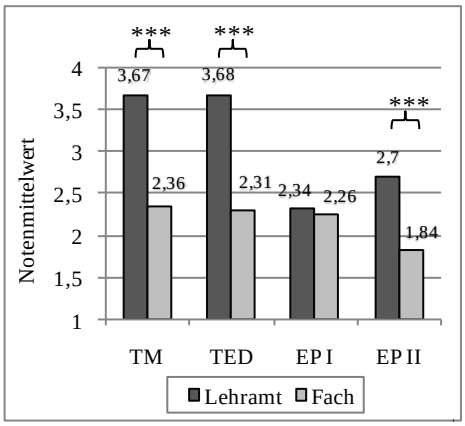


*Abb. 2: Notenmittelwerte der Prüfungen Theoretische Mechanik (TM), Theoretische Elektrodynamik (TED) sowie Experimentalphysik I und II (EP I und II) von Lehramts- und Fachstudierenden (***$p \leq .001$)*

Aus diesem Grund hat es sich angeboten, bei den Lehramtsabsolventen eine „Spitzenreiter-Gruppe“ zu generieren, welche sich aus den 20 % interessiertesten und leistungsstärksten Befragten zusammensetzt. Vergleicht man danach die „Spitzenreiter-Gruppe“ im Lehramt mit den Studierenden des Faches, so zeigen sich lediglich beim Interesse an Experimentalphysik signifikante Unterschiede, wobei die Lehramtsstudierenden ein signifikant höheres Interesse an Experimentalphysik aufweisen.

Die Diskussion der noch ausstehenden Ergebnisse der Hauptstudie sollte unter Beachtung der eben dargestellten Beschreibung der Stichprobe vorgenommen und unter diesem Gesichtspunkt interpretiert werden.

Literatur

Carey, S., Evans, R., Honda, M, Jay, E., Unger, C. (1989). ‘An experiment is When You Try It and See If It Works’: a Study of Grade 7 Student’s Understanding of the Construction of Scientific Knowledge. In International Journal of Science Education 11 (special issue), 514-529.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (Hrsg.) (2006). Thesen für ein moderns Lehramtsstudium im Fach Physik. Bad Honnef.

Höttecke, D., Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften – eine explorative Studie. In PhyDid-A 1 (6), 1-14.

KMK (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand.

Krey, O. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender. Berlin: Logos.

Lavonen, J., Jauhiainen, J., Koponen, I. T., Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. In International Journal of Science Education 26 (3), 309-328.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., R.S.Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners’ conceptions of nature of science. In Journal of Research in Science Teaching 39, 497-521.

Meyling, H. (1990). Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe - Das wissenschaftstheoretische Vorverständnis und der Versuch seiner Veränderung durch wissenschaftstheoretischen Unterricht. Dissertation Universität Bremen.

Müller, A., Wilkens, M. (unveröffentlicht). Theoretische Physik im Lehrerinnenstudium – Ein Plädoyer.

Anja Kizil Universität Oldenburg
Ulrich Kattmann

Experimentieren – Unterricht und Vorstellungen von Biologielehrkräften

Das Experiment gilt als die charakteristische Methode der Naturwissenschaften. Im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt es ebenfalls eine zentrale Rolle. In dieser Untersuchung wird der Blick explizit auf Lehrkräfte und ihre Vorstellungen zum Experimentieren im Unterricht gerichtet, da Lehrkräfte eine ganz wesentliche Rolle bei der Planung und Gestaltung von Unterricht haben und sie entscheidend für das Lernen der Schülerinnen und Schüler sind (Hattie zit. nach Köller, Möller & Möller, 2013).

Forschungsfragen und Forschungsziel
In der hier vorgestellten Untersuchung wird der zentralen Frage nachgegangen, über welche Vorstellungen Biologielehrkräfte zum Experimentieren im Unterricht verfügen. Erfasst werden soll, *wie* sie experimentellen Unterricht zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens gestalten und *warum* sie ihn auf diese Art und Weise gestalten. Folglich geht es darum, den Unterricht und das Lehrerhandeln nicht nur zu beschreiben, sondern auch das Lehrerhandeln zu *verstehen*.
Das Ziel der Erforschung der Lehrervorstellungen ist es, einen Beitrag zur Verbesserung der fachdidaktischen Lehrerbildung zu leisten, indem die Stärken und Schwächen in den ermittelten Lehrervorstellungen berücksichtigt werden. Dafür erweist sich das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung (van Dijk & Kattmann, 2007) als ein fruchtbarer Forschungsrahmen.

Methodik
Die Fragestellungen für diese Untersuchung haben die Entscheidung für ein qualitatives Vorgehen nahegelegt. Dies ist dadurch bedingt, dass qualitative Methoden eine dichtere Beschreibung der Lehrervorstellungen ermöglichen. Um die Vorstellungen von Biologielehrkräften zum Experimentieren zu erfassen, scheint ein verbaler Zugang, d. h. ein Interviewverfahren im Rahmen der Datenerhebung sinnvoll. Auf diese Weise bekommen die befragten Lehrkräfte die Gelegenheit, in ihren eigenen Worten und gemäß ihrer eigenen Relevanzsetzungen ihr Handeln im Unterricht darzustellen und Sachverhalte zu erläutern. Wichtig ist es, dabei Vorstellungen zu erfassen, die sie in *handlungsnahen* Situationen äußern. „Allein eine gewisse Handlungsnähe vergrößert die Wahrscheinlichkeit, vom Lehrer nicht nur Vorstellungen vom Lehren und Lernen zu hören, die seine eigene Unterrichtspraxis kaum berühren und eher seinen Idealvorstellungen oder den von ihm vermuteten Erwartungen (der Interviewer) entsprechen, sondern solche, die im eigenen Unterricht durchaus wirksam sein können“ (Fischler, 2001, S. 106). Um dies zu gewährleisten erscheint das Prinzip des Stimulated-Recall-Interviews (Calderhead, 1981) als besonders geeignet. Hier werden einer Lehrkraft ausgewählte Videoausschnitte aus ihrem eigenen videografierten Unterricht vorgespielt und sie wird vom Interviewer dazu befragt.
Im Rahmen unserer Untersuchung wurden zwölf Biologielehrkräfte von Gymnasien und Integrierten Gesamtschulen, die über eine Unterrichtserfahrung von mindestens fünf Jahren verfügen, interviewt. Sie wurden zunächst gebeten, experimentellen Unterricht in der Sekundarstufe I zu gestalten. Zwei Vorgaben sollten dabei berücksichtigt werden. Zum einen sollten die Schülerinnen und Schüler ein Experiment durchführen, zum zweiten sollte das wissenschaftliche Denken gefördert werden. Alles andere wie die Wahl der Jahrgangsstufe, des Unterrichtsthemas, des Experiments sowie die konkrete Unterrichtsplanung und -gestaltung blieben der jeweiligen Lehrkraft überlassen. Die entsprechenden

Unterrichtsstunden wurden von der Hinführung zum Experiment bis einschließlich seiner Auswertung videografiert. Anschließend fanden die Stimulated-Recall-Interviews statt. Die Auswahl der Videoausschnitte erfolgte anhand der im Unterricht beobachteten und für experimentellen Unterricht typischen Phasen wie z. B. Problemgewinnung, Hypothesenformulierung, Planung eines Experiments, Durchführung eines Experiments, Auswertung der Daten. Zusätzlich wurden die Lehrkräfte anhand eines Leitfadens im Allgemeinen zum Experimentieren im Unterricht befragt.
Bei der Auswertung der Interviews muss berücksichtigt werden, dass das Wissen von Lehrkräften „in hohem Maße implizit“ (Neuweg, 2011, S. 452) ist. Daher erscheint eine modifizierte Form der Dokumentarischen Methode (Nohl, 2012) als sinnvoll. Die Analyseverfahren dieser Methode eröffnen nämlich einen Zugang nicht nur zum expliziten, sondern auch zum impliziten Wissen der Lehrkräfte.

Ergebnisse
Die an der Studie beteiligten Lehrkräfte organisieren experimentellen Unterricht auf drei verschiedene Weisen: fragegeleitet, hypothesengeleitet, effektgeleitet.
Fragegeleitet. In diesem Fall wird von der Lehrkraft eine Frage formuliert, die mithilfe eines Experiments beantwortet werden soll. Das Experiment wird nach Anleitung durchgeführt und ausgewertet, um anschließend die Frage zu beantworten.
Mit diesem Vorgehen ist die Lehrervorstellung verbunden, dass Experimente im Unterricht immer einen Bezug zu einer Fragestellung aufweisen sollen. Entsprechend sollen die Lernenden erkennen, dass ein Experiment eine Antwort auf eine Frage liefert und somit zu einem Erkenntnisgewinn verhilft. Eine detaillierte Versuchsanleitung soll dabei sicherstellen, dass das Experiment gelingt und es die erwünschten Effekte hervorbringt, sodass die formulierte Frage eindeutig beantwortet werden kann. Hier steht also das technische Gelingen des Experiments im Vordergrund (“Produktorientierung“).
Weiterhin hat eine Analyse der Unterrichtsvideos gezeigt, dass es den Lernenden teilweise schwer fällt, die experimentell gewonnen Daten für die Beantwortung der formulierten Frage zu nutzen, weil ihnen der Zusammenhang zwischen der Frage und dem Experiment nicht klar geworden ist. Dies kann erreicht werden, indem vor der Durchführung des Experiments geklärt wird, warum die entsprechende Variable gemessen werden soll und welcher Effekt im Experiment erwartet wird. Diese Erwartung ist als konkrete Prognose zu formulieren, die direkt auf den Effekt bezogen ist und daher empirisch überprüfbar ist (Kizil & Kattmann, 2014).
Hypothesengeleitet. Bei diesem Vorgehen werden aufgrund beobachteter Phänomene Fragestellungen formuliert. Es werden Hypothesen aufgestellt, die mit Experimenten getestet werden sollen. Die Experimente werden entweder von der Lehrkraft vorgegeben oder von den Lernenden selbst geplant. Nach der Durchführung der Experimente erfolgt ihre Auswertung, um anschließend die formulierten Hypothesen zu klären.
Die Lehrkräfte möchten auf diese Weise im Unterricht aufzeigen, wie Erkenntnisse in den Naturwissenschaften gewonnen werden und dabei insbesondere die Funktion von Experimenten als Hypothesentester verdeutlichen. Zudem lässt sich eine Lernorientierung der Lehrkräfte feststellen: Sie sind der Überzeugung, dass Lernende die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse besser begreifen als es zum Beispiel in einem Unterricht mit “rezeptartigem“ Experimentieren der Fall wäre.
Die Analyse der Unterrichtsvideos hat in diesem Fall gezeigt, dass die durchgeführten Experimente nicht immer geeignet sind, um die eingangs formulierten Fragen zu beantworten. Es ist daher bei der Planung experimentellen Unterrichts wichtig zu klären, was ein Experiment tatsächlich zeigt und welche Frage es beantworten kann (Schmit & Kizil, 2014).

Effektgeleitet. Hier werden Experimente nach Anleitung durchgeführt und anschließend ausgewertet. Die in den Experimenten erzeugten und beobachteten Effekte sollen die Lernenden anregen, über die Ursachen der Effekte nachzudenken.
Die Lehrkräfte wollen den Effekt als Mittel zur Erkenntnisgewinnung nutzen. Dabei sollen die Lernenden von der Beobachtung des Effekts zum Nachdenken über die Ursachen und damit zu einer naturwissenschaftlichen Erkenntnis kommen. Auf eine Hypothesen-formulierung und -testung wird bewusst verzichtet.
Untersuchungen haben gezeigt, dass Lernende beim Experimentieren oftmals beabsichtigen, Effekte zu erzeugen, anstatt Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu klären ("Ingenieurmodus", Schauble, Klopfer & Raghavan, 1991). Das Vorgehen der Lehrkräfte weist nun darauf hin, dass der Ingenieurmodus nicht vorwiegend als Hindernis für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betrachtet und abgewertet werden sollte. Die Absicht der Lernenden beim Experimentieren einen Effekt zu erzeugen, soll vielmehr genutzt werden, um nach den Ursachen des Effekts zu fragen, sodass die Lernenden dann zu einer Erkenntnis über naturwissenschaftliche Ursachen gelangen können.

Literatur

Calderhead, J. (1981). Stimulated Recall: a method for research on teaching. British Journal of Educational Psychology, 51, 211-217.

Dijk, van E. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers` PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education, 23 (6), 885-897.

Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, 105-120.

Kizil, A. & Kattmann, U. (2014). Über den Effekt zur Erkenntnis. Eine empirische Untersuchung zum Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67/5, 307-312.

Köller, O., Möller, J. & Möller, J. (2013). Was wirkt wirklich? Einschätzungen von Determinanten schulischen Lernens. München: Oldenbourg.

Neuweg, G.H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. München: Waxmann, 451-477.

Nohl, A. (2012). Interview und dokumentarische Methode: Anleitungen für die Forschungspraxis. Wiesbaden: VS-Verlag.

Schauble, L., Klopfer, L. & Raghavan, K. (1991). Students` transition from an engineering model to a science model of experimentation. Journal of Research in Science Teaching, 28, 859-882.

Schmit, S. & Kizil, A. (2014). Curriculum Enactment. Zur Umsetzung von Unterrichtsvorschlägen im Unterricht. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67/5, 260-265.

Marie-Ann Mowka Universität Oldenburg
Julia Michaelis

Experimentierprozesse im Chemieunterricht
Lehrervorstellungen zum Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht – Analyse von Unterrichtsplanungen

Im Chemieunterricht kann das Experiment aus fachdidaktischer Sicht unterschiedliche Funktionen einnehmen. Als eine der wichtigsten Funktionen sei hier neben dem Erwerb manueller Fähigkeiten vor allem die empirische Erkenntnisgewinnung durch das theorie- und hypothesengeleitete Experimentieren zu nennen. Diese spezifische Methode zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse stellt zudem ein explizites Bildungsziel dar, die in ihren Grundzügen durch die Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung für das Fach Chemie beschrieben wird. Charakteristische Phasen der Erkenntnisgewinnung mit ihren Denk- und Arbeitsschritten können durch die folgenden Schritte beschrieben werden: Induktionsbasis; Frage an die Natur; Formulierung von Hypothesen; Planung der Untersuchung; Durchführung der Untersuchung; Auswertung, Absicherung, Darstellen & Kommunizieren der Ergebnisse; Überprüfung der Hypothese anhand der Ergebnisse; Verallgemeinerung. Dabei muss dieser Prozess nicht immer vollständig durchlaufen werden (z. B. Auslassen von Teilprozessen oder Änderungen der Reihenfolge) (Krüger & Gropengießer, 2006). Das hypothesengeleitete Experimentieren als eine Möglichkeit, in den Naturwissenschaften Erkenntnisse zu gewinnen, stellt hohe Anforderungen sowohl an die Lernenden als auch an die Lehrpersonen. Die Ansteuerung dieses Lehr- und Lernziels findet man in diversen didaktischen Unterrichtsverfahren und -konzeptionen wieder. Hier seien insbesondere das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren, das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren, sowie ChiK genannt. Diese didaktischen Konzeptionen schlagen vor, die Erarbeitung chemischer Inhalte u. a. mit Hilfe von Experimenten im Sinne der experimentellen Methode anzustreben und somit den Unterricht problemorientiert zu gestalten.

Die Ergebnisse empirischer Studien zeigen jedoch andere Trends. Als angestrebte Lernziele beim Einsatz von Experimenten auf Seiten der Lehrpersonen konnten durch Welzel et al. (1998) Kategorien herausgelöst werden (z. B. Verbindung von Theorie und Praxis, Erwerb experimenteller Fähigkeiten, Kennenlernen von Methoden des wissenschaftlichen Denkens, motivationale Aspekte). Jedoch konnten insbesondere die Methoden des wissenschaftlichen Denkens auf unterrichtlicher Ebene nicht beobachtet werden, die Stunden verbleiben häufig auf der Ebene eines mechanischen Abarbeitens von Versuchsvorschriften unter Vernachlässigung des naturwissenschaftlichen Denkens und der Einbettung in den Erkenntnisweg (Tesch & Duit, 2004; Prenzel & Parchmann, 2003). Dadurch werden den Schülern die Prozesse, WIE Erkenntnisse gewonnen werden, nicht deutlich, was sich auch in Vergleichsstudien wie PISA und TIMMS oder in Studien zur Analyse von Schülervorstellungen widerspiegelt.

Hier zeigt sich, dass die Schüler dem Experimentieren keine Funktion zur Ursachenklärung zuschreiben, sondern die experimentelle Tätigkeit vielmehr als nicht zielgerichtete Handlung verstehen, die durchgeführt wird um Entdeckungen zu machen oder etwas auszuprobieren (Carey et al., 1989; Meyer & Carlisle, 1996). Hammann (2004) sowie de Jong & van Woulingen (1998) identifizierten zusätzlich spezifische Fehlerquellen von Schülern beim Experimentieren, z. B. Schwierigkeiten beim Aufstellen und Testen von Hypothesen. Überwiegend entstehen diese Vorstellungen durch Vermittlungsprozesse im Unterricht (Barke, 2006). Das Ziel, den Schülern den experimentellen Weg zur Erkenntnis erfahrbar und transparent zu machen, wird nur unzureichend erreicht. Unklar bleibt oft, welches Ziel

mit dem experimentellen Vorgehen verfolgt wird und welche logische Verknüpfung zwischen den einzelnen Phasen des Erkenntnisweges bestehen. Doch wie lässt sich der Unterricht diesbezüglich verbessern?
Um dieser Frage nachzugehen, wird im Rahmen des Promotionsprogramms ProfaS (*Prozesse fachdidaktischer Strukturierung*) in der Chemiedidaktik aus qualitativer Forschungsperspektive untersucht, wie Lehrkräfte ihren experimentellen Unterricht strukturieren, welche Überlegungen und Entscheidungen sie leiten und wie sie ihre Entscheidungen begründen. Im Vordergrund steht keine Defizitanalyse, sondern das Ziel, Planungsschwerpunkte und Beweggründe differenziert zu beschreiben. Der Planungsprozess von Unterrichtsstunden wird neben dem professionellen Wissen der Lehrkräfte insbesondere durch Erfahrungen aus der Praxis und persönliche Einstellungen bestimmt (van Driel et al, 2001). Die Summe dieser Einflüsse wird im Rahmen dieser Forschungsarbeit als Lehrervorstellungen beschrieben. Die identifizierten Lehrervorstellungen zur Unterrichtsstrukturierung sollen im Sinne der didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung als Ansatz für die Entwicklung von Maßnahmen in der Lehreraus- und -weiterbildung dienen (Komorek et al., 2013).

Design und Methodik der Studie
In einer qualitativen, explorativen Studie haben 15 Lehrkräfte eine Chemie(doppel)stunde geplant und ihre Unterrichtsplanung als Handlungsdrehbuch festgehalten. In einem anschließenden Interview fungierten diese Planungen als Stimulus - angelehnt an die Methode des Stimulated Recalls. Ihre Auswertung erfolgte mit der inhaltsanalytischen Zusammenfassung und der Konzeptualisierung der Begründungsansätze der Qualitativen Inhaltsanalyse, die Planungen wurden in einer theoriebasierten Analyse der Unterrichtsstruktur ausgewertet (Mayring, 2002).

Ergebnisse
Bei der theoriegeleiteten, strukturierenden Inhaltsanalyse der Unterrichtsverläufe konnten unterschiedliche Schwerpunkte bei der strukturellen Einbettung des Experiments festgestellt werden. Insbesondere die Identifizierung des didaktischen Zwischenschritts einer „experimentell prüfbaren Folgeaussage“, um die Verknüpfung zwischen aufgestellten Hypothesen und einem zu planenden Experiment zu verdeutlichen, ist hierbei herauszustellen (Mowka & Michaelis, 2014, vgl. dazu auch Kizil & Kattmann, 2014). Bei der Auswertung der Interviewdaten konnte ein ausgeprägtes Wissen über Methoden zur Gewinnung von Erkenntnissen in den Naturwissenschaften und hinsichtlich der Beschreibung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung festgestellt werden. Gleichzeitig prägen diese Wissensbestände die jeweiligen Unterrichtsplanungen jedoch nur in wenigen Fällen. Auffällig waren an dieser Stelle vor allem Aussagen wie, die Integration hypothesengeleiteten Experimentierens stünde dem Erreichen der curricular geforderten fachlich-inhaltlichen Ziele entgegen, die bei vielen Lehrkräften im Vordergrund der Planung standen. Begründet wurde dies damit, dass ein gleichschrittiges Lernen für alle Schüler wichtig und nur möglich sei, wenn Experimente nach Versuchsvorschrift arbeitsgleich durchgeführt und die erzielten Effekte anschließend im Unterrichtsgespräch fachlich geklärt würden. Ein Vorgehen, zur Erreichung der angestrebten, inhaltlichen Ziele unter Zulassen von Schülerideen in Form von Hypothesengenerierung und Planung von Experimenten zur Überprüfung von Vermutungen, bewerteten die Lehrkräfte überwiegend skeptisch und argumentieren oft mit Bezug auf zeitlich begrenzte Ressourcen im Unterricht. Außerdem konnte ein Bedarf an Konzepten bzw. Hilfen zur Prüfung der Passung verschiedener Phasen zueinander festgestellt werden. Dies beruht vor allem auf Planungsdivergenzen in der Passung zwischen Fragen oder auch zu überprüfenden Hypothesen und dem gewählten Experiment. Jedoch werden diese in vielen Fällen nicht wahrgenommen.

Nutzung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie werden wie beschrieben zur Adaption didaktisch-konzeptioneller Planungshilfen zum Einsatz in der Lehreraus- und Fortbildung genutzt, um sowohl die Planung des Prozesses zu erleichtern als auch das Verständnis der Schüler im hypothesengeleiteten Experimentierprozess zu unterstützen. Dazu wurden u. a. Reflexionsfragen für den unterrichtlichen Planungsprozess entwickelt, die beispielweise die Passung zwischen Fragen und Experiment oder Passung zwischen den aufgestellten Hypothesen und den möglichen experimentellen Beobachtungen fokussieren. Um den Problembereichen der Zielgerichtetheit und der zeitlichen Rahmenbedingungen zu begegnen, werden identifizierte Strukturierungsansätze anderer Lehrkräfte aus dem Sample genutzt, die als didaktisch-methodische Variationen zur Planungshilfe dienen. Bspw. sei hier der didaktische Zwischenschritt der „Experimentell überprüfbaren Folgeaussage“ genannt, der unterrichtspraktisches Potenzial für das Schülerverständnis des hypothesengeleiteten Experimentierprozesses bietet, jedoch in fachdidaktischen Verfahrensdarstellungen kaum zu finden ist. Bei der Entwicklung von Fortbildungskonzepten wird eine Differenzierung nach lehrerspezifischen Vorstellungen zur Unterrichtsstrukturierung zugrunde gelegt, um den unterschiedlichen Bedarfen wie auch Bereitschaften der Lehrkräfte Rechnung zu tragen. Schwerpunkt ist dabei, Anregungen zu geben, wie die Schritte der Erkenntnisgewinnung in Kombination mit bereits bewährten Experimenten aus dem regulären Unterricht schülerorientiert angesteuert werden können.

Literatur

Barke, H, (2006). Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., Unger, C. (1989). ‚An Experiment is When You Try It and See If It Works‘: a Study of Grade 7 Student‘s Understanding of the Construction of Scientific Knowledge. International Journal of Science Education, 11 (special issue), 514-529.

De Jong, T. & van Joolingen, W. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains.Review of educational research 68 (2), S.179-201.

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU, 57/4, 196 - 203.

Kizil, A. & Kattmann, U. (2014): Über den Effekt zur Erkenntnis. Eine empirische Untersuchung zum Experimentieren. Der mathemtische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67/5, 307-312.

Krüger, D. & Gropengiesser, H. (2006) Hau(p)tsache Atmung - Beim Experimentieren wissenschaftlich denken lernen. MNU 59/3, 169-176.

Komorek, M.; Fischer, A.; Moschner, B. (2013). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: M. Komorek, S. Prediger (Hrsg.). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- & Entwicklungsprogramme. Münster 2013, S. 43-62.

Mayring, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zum qualitativen Denken. Weinheim: Beltz Studium.

Meyer, K.; Carlisle, R. (2007). Children as experimenters. In: International Journal of Science Education 18 (2), S. 231–248.

Mowka, M.-A. & Michaelis, J. (2014). Planungshandeln von Lehrkräften zur Ansteuerung der Erkenntnisgewinnung. In: S. Bernholt (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Tagungsband zur Jahrestagung der GDCP in München 2013. Münster: LIT-Verlag.

Prenzel, M.; Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. In: Unterricht Chemie 14 (76/77), S. 15–17.

Tesch, M.; Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht Ergebnisse einer Videostudie. ZfDN. Jg. 10, S. 51-69.

Welzel, et al. (1998). Ziele die Lehrende mit dem experimentellen Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. ZfDN, Jg. 4, S. 29-44.

Van Driel, J.; Beijaard, D. & Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers‘ Practical Knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 38 (2), 137-158.

Stephanie Strelow Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Beliefs von Physik-Lehramtsstudierenden in der Studieneingangsphase

Im Rahmen einer dreisemestrigen Längsschnittstudie wurden ab dem Wintersemester 2011/12 die Beliefs von Physik-Lehramtsstudierenden an der Freien Universität Berlin zu ausgewählten Aspekten der Natur der Naturwissenschaften (NdN) im geschlossenen Fragebogenformat erhoben. Aufbauend auf diese Befragung wurde im Sommersemester 2013 eine weiterführende Interviewstudie durchgeführt, bei der die Studierenden mit den Ergebnissen ihrer Kohorte konfrontiert wurden und eine eigene Einschätzung und eine Begründung ebendieser geben sollten. Dabei wurde auf die wissenschaftstheoretischen Begriffe *Theorie* und *Gesetz* eingegangen.
Die Interviews gliederten sich in einen offenen Erzählimpuls, gefolgt von einem fokussierten Interview nach Hopf (2012). Die Stichprobe umfasste N = 11 Probanden, die zu allen drei Zeitpunkten an der Fragebogenerhebung teilnahmen und N = 10 Probanden, die am Interview teilnahmen (davon N = 6, die auch zu allen drei Zeitpunkten an der Befragung teilgenommen hatten). Die Auswertung erfolgte mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Details zum Konzept der Interviewstudie und der Stichprobe sind in Strelow und Nordmeier (2014) dargestellt.
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviewstudie ausgeführt und mit den in Strelow und Nordmeier (2014) angegebenen Ergebnissen der Fragebogenerhebung abgeglichen. Der Fokus wird dabei auf das Verständnis der Studierenden in Bezug auf die der Begriffe *Gesetz* und *Theorie* gelegt.

Ergebnisse der Fragebogenerhebung zu den Begriffen *Gesetz* und *Theorie*

Zu allen drei Zeitpunkten der Befragung (WS 11/12, SoSe 12 und WS 12/13) schätzten die Probanden Theorien als eher veränderlich ein. Die Mittelwerte lagen zu allen drei Zeitpunkten bei ca. 2.5 in Bezug auf eine 6-stufige Skala von 1,0 („Stimme ich überhaupt nicht zu“) bis 6,0 („Stimme ich voll zu“) (Strelow & Nordmeier, 2014). Die Veränderlichkeit von Gesetzen wird zum ersten und dritten Befragungszeitpunkt im mittleren Bereich der Skala (bei ungefähr 3.5) eingeordnet. Zum zweiten Befragungszeitpunkt ist ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu den anderen beiden Zeitpunkten zu verzeichnen. Gesetze werden zu diesem Zeitpunkt als eher veränderlich angesehen (Strelow & Nordmeier, 2014). Im absoluten Vergleich werden Theorien zu allen drei Zeitpunkten als eher veränderlich als Gesetze eingeschätzt (Strelow & Nordmeier, 2014).

Verständnis des Begriffs *Gesetz*

Die Studierenden stimmen dem von ihnen im Fragebogen geäußerten Belief, dass Gesetze weniger veränderlich seien als Theorien, im Interview weitestgehend zu.
In der Hälfte der Interviews werden Gesetze als veränderlich angesehen, was dem Alltagsverständnis eines „unveränderliche[n] Zusammenhang[s] zwischen bestimmten Dingen und Erscheinungen in der Natur“ (wie er z. B. in Bibliographisches Institut (2013) zu finden ist) widerspricht. In zwei Interviews wird ein Alltagsverständnis geäußert, bei dem Gesetze als etwas „festes, unveränderbares“ bezeichnet werden. Zwei Probanden weisen explizit darauf hin, dass es ihnen schwerfällt anzugeben, wodurch ein Gesetz gekennzeichnet wird.
Die Thematik der Universalität und die damit verbundene Frage, ob es Grenzen der Gültigkeit gibt oder Gesetze allgemeingültig sind, wird in drei Interviews thematisiert. In zwei Interviews wird zudem darauf eingegangen, dass Gesetze generell synthetische Aussagen sind (indem angedeutet wird, dass man prüfen müsse, ob sie schlüssig seien und dann prüfen müsse, ob es sich um ein insgesamt konsistentes System handele). In einem Interview wird

zusätzlich angedeutet, dass Gesetze dann auch als wahr akzeptiert werden können (trotz der Bekanntheit ihrer begrenzten Gültigkeit aufgrund der ihnen zugrunde gelegten Voraussetzungen). In zwei Interviews wird näher beschrieben, was eigentlich ein Gesetz selbst ausmacht. In beiden Interviews wird dabei ähnlich der in der NdN-Diskussion etablierten Aussage argumentiert, dass es sich bei Gesetzen um Beschreibungen der Beziehungen zwischen beobachtbaren Phänomenen handele.

Verständnis des Begriffs *Theorie*
Theorien werden in sieben von zehn Interviews eher über das Alltagsverständnis als etwas jederzeit veränderbares, vorläufiges, immer zur Disposition stehendes bzw. hypothetisches (Rusch, 2001) beschrieben. In zwei Interviews zeigen sich aber Tendenzen zur Auffassung der NdN, dass Theorien nur prinzipiell als vorläufig angesehen werden. In einem Interview wird dabei ein Verständnis geäußert, das zwischen dem Alltagsverständnis und der Auffassung der NdN einzuordnen ist. Im anderen Fall sind widersprüchliche Aussagen im Interview identifizierbar. In einem weiteren Interview werden mehrere Charakteristika der NdN-Diskussion zum Theorie-Begriff (vgl. z. B. Lederman et al., 2002) benannt. Ein anderer Proband beschreibt eine Theorie als eine Approximation, was eher eine prinzipielle Vorläufigkeit als eine absolute Vorläufigkeit suggeriert. In drei Interviews wird ein, in Bezug auf die NdN-Diskussion als nicht angemessen einzuordnender, Belief geäußert, dass Theorien (experimentell) belegbar oder insgesamt beweisbar sind. In einem anderen Interview hingegen wird eine angemessenere Ansicht vertreten, indem Theorien als „unterlegbar“ durch Experimente eingeschätzt werden. In zwei Interviews wird auf die Funktion von Theorien eingegangen, und in beiden Fällen wird das Charakteristikum der NdN-Diskussion angesprochen, dass Theorien gut bestätigte, abgeleitete Begründungen für beobachtbare Phänomene (Lederman et al., 2002, S. 500) sind. In einem Interview wird zudem das NdN-Charakteristikum genannt, dass Theorien nicht-beobachtbare Entitäten postulieren (Lederman et al., 2002, S. 500), was als logische Konsequenz beinhaltet, dass sie nicht direkt beweisbar sind. In einem der insgesamt zehn Interviews wird der Theoriebegriff nicht weiter expliziert.

Zusammenhang von *Theorien* und *Gesetzen*
Die in den Ergebnissen des Fragebogens stärker eingeschätzte Veränderlichkeit von Theorien gegenüber Gesetzen wird im Interview bestätigt. Sieben Probanden geben an, dass sie der Ansicht sind, dass Theorien veränderlicher seien als Gesetze. In zwei Interviews wird angegeben, dass sowohl Theorien als auch Gesetze veränderlich seien. Dies wird in einem Fall über eine Abhängigkeit von der „Tiefe der Betrachtung“ begründet (Theorien erscheinen eventuell nur oberflächlich betrachtet als veränderlicher). Im anderen Fall wird die Veränderlichkeit von Gesetzen und Theorien auf die Möglichkeit der Veränderung des gesamten physikalischen Wissens zurückgeführt. Ein Proband merkt an, dass Theorien veränderlicher als Gesetze erscheinen mögen, er sich diesbezüglich jedoch nicht festlegen möchte.
In drei Interviews wird der nicht angemessene Belief, dass eine hierarchische Beziehung zwischen Theorien und Gesetzen besteht (bei der ein Gesetz aus einer Theorie folgt), geäußert. In einem Fall wird eingeschränkt, dass sich der Proband diesbezüglich unsicher ist, dass es für ihn aber eine logische Schlussfolgerung sei.

Zusammenfassende Einschätzung des Verständnisses der Begriffe *Gesetz* und *Theorie*
In den einzelnen Interviews zeigen sich beim Verständnis von Theorie und Gesetz deutliche Unterschiede zwischen den Aussagen der Probanden.
In zwei Interviews wird eine deutlich ausgeprägte Alltagsvorstellung ersichtlich. In anderen Interviews sind bereits verschiedene Charakteristika aus der NdN-Diskussion und/oder der Wissenschaftstheorie extrahierbar.

Diskussion der Ergebnisse zum Begriffsverständnis

Die Probanden wurden im Interview gebeten, ihre eigene Einschätzung bezüglich der oben angegebenen Ergebnisse der Fragebogenerhebung zur Veränderlichkeit von Theorien und Gesetzen zu nennen und zu begründen. Im nächsten Schritt wurden Beispiele erfragt. Es wurde jedoch generell nicht explizit nachgefragt, was die Probanden unter einem Gesetz oder einer Theorie verstehen. Ziel der Interviews war es, einen direkten Bezug zu den Ergebnissen der Fragebogenerhebung und Begründungen der Einschätzungen zu gewinnen. Die individuelle Bedeutung der Begriffe wurde von einigen Probanden aber bereits bei der Begründung der Einschätzung genannt. Allerdings zeigte sich bei mehreren Probanden auch eine starke Unsicherheit in Bezug auf die befragte Thematik und die Begriffsbildung. Wenn die Probanden Schwierigkeiten bei der Begründung äußerten, wurde darauf verzichtet, diesen Aspekt weiter zu vertiefen. Bezüglich der Entstehungssituation der oben beschriebenen Ergebnisse gibt es daher eine wesentliche Einschränkung in ihrer Aussagekraft: Es kann nicht gefolgert werden, dass das Verständnis der Begriffe Theorie und Gesetz vollständig erfasst wurde oder ob ein explizites Nachfragen noch zusätzliche Merkmale erfasst hätte.

Trotz dieser Einschränkung sind die Ergebnisse hilfreich, um die Einschätzung der Fragebogenergebnisse zu vertiefen (dies war auch das Ziel der Interviewstudie). Es zeigt sich, dass Probanden ganz unterschiedlich elaborierte Begründungen für die Einschätzung angeben. Zudem wird bei zwei Probanden deutlich, dass sie zwar eine Einschätzung vorgenommen haben, sich aber bezüglich der Thematik sehr unsicher sind (was als Merkmal des Konstrukts Belief nach Rokeach, 1968 eingeordnet werden kann).

Ausblick

Die Ergebnisse bezüglich der wissenschaftstheoretischen Begriffe und der Beliefs über die NdN können als Grundlage dienen, um Interventionen hinsichtlich der Beliefs über die NdN zu konzipieren. Je nach Möglichkeit, diese in den Studienverlauf zu integrieren, könnten sie als fachnahe Interventionen (wie z. B. von Kalkanis et al., 2003) oder als praxisnahe Interventionen (z. B. im Rahmen der Praktika oder des Praxissemesters) umgesetzt werden. Zur Konzeption der Interventionen können zusätzlich die Ergebnisse des offenen Interviewseinstiegs zu Voraussetzungen, Empfehlungen, Zufriedenheit und Verbesserungsvorschlägen hinsichtlich des Studiums genutzt werden.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms „MINT-Lehrerbildung neu denken!“ durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert.

Literatur

Bibliographisches Institut (2013): Duden. Eintrag Gesetz. Online verfügbar unter http://www.duden.de/rechtschreibung/Gesetz, zuletzt geprüft am 10.10.2014.

Hopf, C. (2012). Qualitative Interviews – ein Überblick. In: Uwe Flick, Ernst von Kardorff und Ines Steinke (Hrsg.): Qualitative Forschung. 9. Aufl. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 349–359.

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.

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (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.

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

Rokeach, M. (1968). Beliefs, Attitudes and Values: A Theory of Organization and Change. 1. Aufl. San Francisco: Jossey-Bass Inc.

Rusch, G. (2001). Was sind eigentlich Theorien? In: Theo Hug: Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Band 4. 1. Aufl. Hohengehren: Schneider Verlag, 93-116.

Strelow, S. & Nordmeier, V. (2014). Interviewstudie zu Beliefs in der Studieneingangsphase. In: Sascha Bernholt (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 534-536.

Hanne Rautenstrauch Europa-Universität Flensburg
Maike Busker

Möglichkeiten der (Fach-)Sprachstandserhebung bei Studienanfängern

Als Reaktion auf die PISA-Ergebnisse, die ein schlechtes Abschneiden der SchülerInnen mit mehrsprachigem Hintergrund aufzeigten, wurde die Forderung nach einer durchgängigen Sprachbildung - einer Sprachbildung in allen Fächern - laut (Gogolin, 2010). Das bedeutet, dass auch ChemielehrerInnen eine angemessene, fachbezogene Sprachförderung in ihren Unterricht integrieren sollen. Daraus ergibt sich ein neues Aufgabenfeld für LehrerInnen und somit auch ein neues Handlungsfeld für die erste Phase der LehrerInnenbildung. Für die Professionalisierung zur fachbezogenen Sprachförderung gibt es bisher nur wenige Ansätze in den Naturwissenschaften. An der Europa-Universität in Flensburg werden im Rahmen des Projektes Fach-Prosa (Fachbezogene Professionalisierung zur Sprachförderung) Lehr-/Lernsettings zur fachbezogenen Sprachförderung in das Lehramtsstudium des Faches Chemie implementiert.
Wesentliche Grundlage für die Entwicklung des Professionswissens in (Fach)Sprachförderung bilden eine Sprachbewusstheit sowie die eigenen fachsprachlichen und allgemeinsprachlichen Fähigkeiten. Derzeit liegen zum (Fach-)Sprachstand im Kontext des Faches Chemie sehr wenige Studien vor, die zudem meist auf die Sekundarstufe I beschränkt sind (vgl. Busch, 2012; Özcan, 2012). Daher werden für das Fach Chemie an der Europa-Universität Flensburg Instrumente entwickelt, mit denen der allgemeine Sprachstand und der Fachsprachstand von Studierenden erhoben werden kann. Auf Grundlage dieser Ergebnisse werden dann in einem weiteren Schritt Lernumgebungen konzipiert, die an das (fach)sprachliche Vorwissen der Studierenden angepasst sind und das Ziel verfolgen, zur Entwicklung einer angemessenen fachsprachlichen und allgemeinsprachlichen Kompetenz beizutragen, auf der die (Fach)Sprachförderkompetenz aufbauen kann.

Erhebungsverfahren

Die Erhebungsverfahren umfassen drei große, sich überschneidende Bereiche, die die (Fach)Sprachkompetenz möglichst erschöpfend erfassen sollen: die allgemein- und fachsprachliche Kompetenz, die Kompetenz im Bereich Textproduktion und die Fähigkeiten im Bereich Textrezeption. Mit den drei Erhebungsverfahren werden schriftliche und keine mündlichen Kompetenzen erfasst, da sowohl das bildungssprachliche Register, welches hauptsächlich im Unterricht verwendet wird, als auch die Fachsprache selbst durch eine konzeptionelle Schriftlichkeit geprägt sind (Tajmel, 2009). Im Folgenden sollen diese Erhebungsverfahren sowie erste Ergebnisse der Pilotierung beschrieben werden.

Allgemeine und fachsprachliche Kompetenz

Zur Messung der allgemeinen und fachsprachlichen Kompetenz wird eine Kombination aus einem C-Test und einem Teilfertigkeitstest (TF-Test) zum Thema Atommodelle verwendet. Der C-Test stammt aus der Fremdsprachendidaktik und ist einer der meist erforschten Sprachtests. Er beruht auf dem Prinzip der reduzierten Redundanzen, was bedeutet, dass die Informationen einer zu sendenden Nachricht reduziert werden, sie aber trotz dieser „Beschädigung“ wieder rekonstruiert werden kann, wenn der Empfänger die entsprechende Sprache mit ihrem Wortschatz und ihren Regeln beherrscht. Bei einem C-Test werden zur Reduzierung der Redundanz die Wörter eines vorgegebenen Textes in bestimmten Abständen manipuliert (Grotjahn, 1992). Dazu kann entweder die erste Hälfte eines Wortes getilgt werden (Stammtilgung), wodurch eher semantische Fähigkeiten getestet werden oder es wird die zweite Worthälfte getilgt (Endtilgung), wodurch eher grammatikalisch-

morphologische Fähigkeiten abgefragt werden (Scholten-Akoun & Baur, 2012). Die Aufgabe der Probanden ist, die beschädigten Wörter innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens wieder zu rekonstruieren. Ein C-Test besteht meist aus vier bis fünf eigenständigen Texten, in denen 20 bis 25 Wörter manipuliert wurden.
Bei Teilfertigkeitstests werden in einem Text nur die enthaltenen Fachbegriffe manipuliert, um die fachsprachlichen Fähigkeiten zu erfassen (Baur, Grotjahn & Spettmann, 2006). In dem konzipierten Test zum Thema Atommodelle wurden sowohl allgemeinsprachliche Begriffe (wie im C-Test) als auch fachsprachliche Begriffe (wie im TF-Test) getilgt, um die Sprache im Fach insgesamt zu erfassen. Der entwickelte Test zum Thema Atommodelle besteht aus vier Texten mit je 25 Lücken, die das Teilchenmodell, das Daltonsche Atommodell, das Bohrsche Atommodell *(Abb. 1)* und das Orbitalmodell thematisieren. In den Texten wurde jedes dritte Wort in einer Stammtilgung manipuliert, wobei jeweils der erste und letzte Satz eines Textes nicht manipuliert wird.

Text C: Das Bohrsche Atommodell

1913 veröffentlichte Bohr unter Nutzung der planckschen Energiegleichung und der experimentellen Ergebnisse der Spektralanalyse ein neues, leistungsfähigeres Atommodell.
Demnach umkreisen _____ronen den Kern, _____r Protonen und _____onen enthält, auf _____nz bestimmten, „erlaubten“ _____nen. Die Elektronen, _____e sich in _____o einem „erlaubten“ _____and befinden, strahlen _____ne Energie ab _____d fallen daher _____ht spiralförmig in _____n Kern. Eine _____le (Elektronenbahn) entspricht _____em bestimmten Energieniveau _____r Elektronen.

Abb. 1:Auszug aus dem C-Test-Text zum Bohrschen Atommodell

Die Pilotierung des Tests mit Studierenden des Lehramts Chemie (N=124, Semester: 2 bis 16) ergab insgesamt eine angemessene Schwierigkeit des Tests ($\bar{x}_{\text{RF-Wert}}$ = .72) mit einer rechtsgipfligen Verteilung, wie sie für C-Tests typisch ist. Die hohe Reliabilität (α = .87), Trennschärfe (r_{it} > .71) und Homogenität ($\bar{r}_{it}$=.59 - .70) sowie die nur einen Faktor ergebende Faktorenanalyse mit Faktorladungen von .84 - .88 deuten darauf hin, dass es sich um einen eindimensionalen Test handelt. Im Vergleich allgemein- und fachsprachlicher Begriffe zeigt sich, dass die Rekonstruktion der fachsprachlichen Begriffe signifikant schwerer ist als die Rekonstruktion der allgemeinsprachlichen Begriffe (p =.007, r =.17).

Textrezeption

Das Leseverstehen wird in Anlehnung an die Skalen zur Messung des Textverstehens nach PISA (Informationen ermitteln, textbezogenes Interpretieren, Reflektieren und Bewerten) erhoben (Baumert, 2001). Dazu wurde kriteriengeleitet ein authentischer Fachtext eines Studienbuches ausgewählt. Kriterien waren unter anderem das Vorkommen fachtexttypischer diskontinuierlicher Elemente, wie Bilder oder Reaktionsgleichungen, die Verwendung von Formelsprache im Text, inhaltliche Konsistenz und eine adäquate Textlänge. Zu diesem Text wurden zwei geschlossene, eine halboffene und eine offene Frage zu den oben genannten Skalen nach PISA konzipiert.
Der Leseverstehenstest wurde mit Oberstufenschülern aller Profile (naturwissenschaftliches, gesellschaftswissenschaftliches, ästhetisches, Sport- und Sprachprofil) pilotiert (N=248, Klassen: 11 und 12). Dabei ist davon auszugehen, dass sich die Textrezeption während der Oberstufe nicht entscheidend verändert (vgl. Wittler & Sterzig, 2011). Diese Annahme wird dadurch fundiert, dass sich kein Zusammenhang zwischen der Klassenstufe und dem Testergebnis aufzeigen ließ (p = .133). Der Test weist mit $\bar{x}$ =.76 eine angemessene Schwierigkeit auf. Die niedrige Reliabilität (α=.28), Trennschärfe (r_{it}=.06-.23) und Homogenität ($\bar{r}_{it}$<.23) deuten auf eine Mehrdimensionalität des Tests hin.

Textproduktion

In Anlehnung an das Zürcher Textanalyseraster (Nussbaumert & Sieber, 1994) wurde ein Raster entwickelt, mit dem allgemeinsprachliche und fachsprachliche Kompetenzen erfasst werden. Das Analyseraster wird als Grundlage gewählt, da es beispielsweise im DaZ-Bereich in der beruflichen Bildung verwendet wird (vgl. Kaminski, 2005) und Analysen mit Hilfe des Rasters nicht auf die Sekundarstufe I bzw. eine bestimmte Altersstufe beschränkt sind. Im allgemeinsprachlichen Teil werden die Bereiche Textkohärenz (z. B. innere und äußere Gliederung, Verständlichkeit, erwartete Inhalte), allgemeiner Wortschatz, Syntax (z. B. Beachtung der Verbstellung im Haupt- bzw. Nebensatz), Morphologie (z. B. Bildung von Verbformen, Artikelgebrauch), Orthographie und Interpunktion erfasst. Im fachsprachlichen Teil werden die Bereiche fachliche Korrektheit des Ausdrucks, fachtypischer Wortschatz unter Beachtung der fachtypischen Nomen, Verben, Adjektive und Näherungsbegriffe (z. B. Pinzette statt Tiegelzange) sowie die fachtypischen Sprachstrukturen (z. B. Verwendung von Komposita oder Passivkonstruktionen und Wortartwechsel durch substantiviert Infinitive oder Partizipien) analysiert.

Ausblick

Für die Pilotierung sollen weitere statistische Analysen angefertigt werden, darunter beispielsweise Dimensionalitätsprüfung für den C-Test und den Leseverstehenstest. Im Bereich der Textproduktion soll das entwickelte Analyseraster aufgrund der Pilotierungsdaten in seinem Umfang reduziert und für den Leseverstehenstest die Entwicklung einer weiteren Frage zur Anpassung des Schwierigkeitsgrades angestrebt werden. Die Hauptstudie wird im Wintersemester 2014/2015 durchgeführt, sodass ab dem Sommersemester 2015 die konzeptionelle Arbeit zur Gestaltung von Lehr-/Lernumgebungen zur (Fach)Sprachförderung im Lehramtsstudium Chemie beginnen kann.

Literatur

Baumert, J. (Hrsg.) (2001): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen. 78-101

Baur, R. S., Grotjahn, R. & Spettmann, M. (2006). Der C-Test als Instrument der Sprachstandserhebung und Sprachförderung. In Timm, J.-P. (Hrsg.), Fremdsprachenlernen und Fremdsprachenforschung: Kompetenzen, Standards, Lernformen, Evaluation. Tübingen: Narr. 389-406

Busch, H. (2012). Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. Uni-Edition.

Gogolin, I. (2010). Chancen und Risiken nach PISA – über Bildungsbenachteiligung von Migrantenkindern und Reformvorschläge. In Auernheimer, G. (Hrsg.), Schieflagen im Bildungssystem. Die Benachteiligung der Migrantenkinder. 4. Auflage. Wiesbaden. 33-50

Grotjahn, R. (1992). Der C-Test. Einleitende Bemerkungen. In Grotjahn, R., Der C-Test. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen (Bd. 1). Bochum: Brockmeyer. 1-18

Kaminski, M. (2005). Kompetenzanalyse Fehlerarbeit: als Grundlage für die lernerzentrierte Sprachförderung - DaZ in der beruflichen Bildung-Studienbrief 4. In Meslek Evi (Hrsg.), Deutsch als Zweitsprache in der beruflichen Bildung : fünf Studienbriefe zur Fortbildung von Lehrkräften. Berlin.

Nussbaumer, M. & Sieber, P. (1994). Texte analysieren mit dem Zürcher Textanalyseraster. In Sieber, P. (Hrsg.), Sprachfähigkeiten - Besser als ihr Ruf und nötiger denn je! Aarau u.a., 141-186

Özcan, N. (2012). Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie - Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht.

Scholten-Akoun, D. & Baur, R. S. (2012). Der C-Test als ein Instrument zur Messung der Schriftsprachkompetenzen von Lehramtsstudierenden (auch) mit Migrationshintergrund – eine Studie. In Bernt Ahrenholz, Werner Knapp (Hrsg.), Sprachstand erheben – Spracherwerb erforschen. Freiburg i. Br.: Fillibach. 307-330

Tajmel, T. (2009). Die Vermittlung von Bildungssprache in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. In Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.), Sprachförderung/ Deutsch als Zweitsprache Fachbrief Nr. 6. 2-7

Wittler, M. & Sterzik, C. (2011). Lernausgangslagen und Lernzuwächse. In G. Glässing, H. - H. Schwarz, & K. Volkwein (Eds.), Basiskompetenz Deutsch in der Oberstufe. Weinheim und Basel: Beltz. 181–196

Michele Hoffmann Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!? Unterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende

Forschungsprojekt

Die **Pilotstudie** des Projekts wurde bereits auf der GDCP Tagung 2013 vorgestellt. Dabei konnten Erstsemesterstudierende des Lehramts Chemie nach dem Erlernen der Grundlagen der Unterrichtsplanung sowie differenzierender Methoden im Seminar des Äquivalenzmoduls im WiSe 2012/13 sowie im WiSe 2013/14 erste Unterrichtserfahrungen in freien Lernzeiten einer Gesamtschule (Lobdeburgschule Jena) sowie in einer Klasse eines Gymnasiums (Christliches Gymnasium Jena) sammeln. Begleitend hierzu wurden sie vor und nach dem Unterricht zu ihren Einstellungen befragt. Die Schüler wurden anschließend auf Wissenszuwächse nach den Unterrichtsreihen getestet. Auch Schüler, die nicht von Studierenden unterrichtet wurden, erhielten nach Behandlung des gleichen Stoffes den jeweiligen Test zum Vergleich der Lernergebnisse. In der **Hauptstudie** wurden Studierende im 4. Semester untersucht. Ein Teil davon gehörte bereits der Probandengruppe an, die schon im ersten Semester an der Pilotstudie teilgenommen hatten. Die Studierenden bekamen erneut die Möglichkeit, Praxiserfahrungen an einer integrativen Gesamtschule (Universaale Jena) zu sammeln. **Ziel** war es, die Studierenden mit frühen Praxiserfahrungen mit denen ohne bisherige Unterrichtspraxis zu vergleichen, um so die Wirksamkeit einer **„Praxis-von-Anfang-an"-Ausbildung** zu untersuchen. Das Augenmerk liegt hierbei auf folgenden Fragestellungen: **U**nterscheidet sich die Qualität des Unterrichts bei den Studierenden mit und ohne frühe Praxiserfahrung? **K**önnen Unterschiede in den Lernergebnissen der Schüler festgestellt werden? **W**ie sicher beherrschen die Studierenden die Fähigkeit zur Selbsteinschätzung, gibt es eine Abhängigkeit zu den erlebten Praxiserfahrungen? **W**ie beurteilen die Studierenden die frühe Praxisausbildung? **W**ie beurteilen die Schüler den konzipierten Unterricht der Studierenden und die Studierenden als Lehrpersonen?

Forschungsdesign

Die Hauptstudie bedient sich qualitativer wie quantitativer Forschungsmethoden. Dass eine Kombination heute nicht mehr umstritten und sogar notwendig ist, zeigen die verschiedenen Kombinationsmodelle, wie das Vorstudienmodell, das qualitativ Hypothesen gewinnt und diese quantitativ auswertet. Das Vertiefungsmodell ermittelt quantitativ Ergebnisse aus einer Stichprobe und interpretiert diese qualitativ (Mayring, 2001). Auch hier finden solche Kombinationsmöglichkeiten Anwendung. Als empirische Instrumente zur Datenerhebung dienten **Fragebögen** im Prä-Post-Design zur Überprüfung der Einstellungen der Studierenden. Zwischen dem Prä- und dem Post-Zeitpunkt fand ein dreistündiger Chemieunterricht in der Universaale Jena statt. Im Prä-Fragebogen wurden die Studierenden zu den Motiven ihrer Studien- und Berufswahl, zur Einschätzung des geplanten Unterrichts sowie ihrer Lehrerpersönlichkeit und zu ihren bisherigen Praxiserfahrungen befragt. „Die Items zur **Berufswahl** lassen sich vier Kategorien zuordnen, um eine Aussage über die wichtigen Einflussfaktoren treffen zu können. Folgende Kategorien wurden eingeteilt: Interesse am Fach/an der Wissenschaft, pädagogisches Interesse, Interesse am Berufsbild und der Einfluss Dritter." (Hoffmann & Woest, 2014) In der Hauptstudie wurden außerdem Items ergänzt, die nach möglichen fehlenden Alternativen als Grund der Studienwahl fragen, so z. B. „Der Wunsch Chemielehrer/in zu werden ist entstanden, weil ein Bachelor Chemie Studium zu schwer für mich wäre." Auch in dieser Erprobung sollten die Items zur **Einschätzung des**

geplanten Unterrichts vergleichbar mit denen zur Reflexion der Stunden im Post-Fragebogen sein, um so Veränderungen in den Einstellungen durch den Unterricht feststellen zu können. Die Items lassen sich zu den Kategorien Lehrerprofessionalität, Lernergebnisse für die Schüler und Einschätzung des Konzeptes „Praxis-von-Anfang-an“ sowie des integrativen Gesamtschulkonzeptes zusammenfassen. Im Abschnitt über die Befragung zur **Lehrerpersönlichkeit** finden die Big Five der Persönlichkeitsforschung nach McCrae und Costa, die Forschungen von Schaarschmidt und Herlt sowie die Kompetenzstandards der KMK Anwendung (Helmke, 2012). Der letzte Abschnitt zielt auf die Einschätzung der Studierenden zur Bedeutsamkeit von **Praxiserfahrungen** für den Verlauf ihres Studiums und weiterer Praxiserfahrungen ab. Im gesamten Fragebogen findet eine fünfstufige Likert-Skala Anwendung, um später mit metrisch skalierten Werten arbeiten zu können. Der Fragebogen wurde in zweifacher Ausführung entworfen, um Items, die die Vorerfahrungen betreffen, auf die Studierenden mit und ohne Praxiserfahrungen aus der Pilotstudie abstimmen zu können.
Der Post-Fragebogen zur **Reflexion des Unterrichts** enthält schließlich zum Großteil die umformulierten Items aus der Einschätzung des geplanten Unterrichts des Prä-Fragebogens sowie einige zusätzliche Items zur Auswertung und fünf offene Fragen, in denen die Studierenden von Erfolgserlebnissen, Problemen, ihrem Erfolg als Lehrperson und Verbesserungsvorhaben für ein weiteres Mal berichten können. Auch hier gibt es eine Version für die Teilnehmer an der Pilotstudie sowie für die Nichtteilnehmer.
Neben der begleitenden Befragung der Studierenden gab es auch in der Hauptstudie einen Test zur Überprüfung der **Lernergebnisse der Schüler**. Dieser setzt sich aus zwölf Multiple Choice sowie fünf offenen Fragen zusammen. Die Fragen orientieren sich nur an dem gehaltenen Unterricht durch die Studierenden und am Lehrplan Chemie des Landes Thüringen zu den Themen Organische Chemie (Klasse 9) und Verbrennung/Oxidation (Klasse 7/8). In der neunten Klasse unterrichteten überwiegend Studierende mit vorherigen Unterrichtserfahrungen, wohingegen die altersgemischte Klasse ausschließlich von Studierenden ohne Erfahrungen unterrichtetet wurde. Neben dem Wissenstest wurden die Schüler zu ihren **Meinungen** zum Unterricht durch die Studierenden, zu offenem und selbsttätigem Unterricht sowie zu Binnendifferenzierung im Unterricht befragt.
Ein letztes Instrument, das während der Erprobung zum Einsatz kam, sind die Fragebögen zur Ermittlung der **Unterrichtsqualität** von Andreas Helmke. Mittels **EMU** (Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und –entwicklung) werden die unterrichtenden Studierenden, die hospitierenden Studierenden und die Schüler nach jedem Unterricht zu Klassenführung, Klima und Motivierung, Klarheit und Strukturiertheit, Aktivierung und der Bilanz des Unterrichts befragt. Es kann im Anschluss überprüft werden, inwieweit Selbst- und Fremdwahrnehmung (in Abhängigkeit von bereits erlebten Praxiserfahrungen) übereinstimmen und wie der Unterricht jedes Einzelnen eingeschätzt wurde. Daraufhin lassen sich wiederum Rückschlüsse auf den Lernerfolg der Schüler ziehen.

Ergebnisse der Hauptstudie (Auswahl)
Die Hauptstudie des Projektes fand im Sommersemester 2014 statt. In der Befragung der Studierenden (N=28, wobei N_{Praxis}=9 und $N_{OhnePraxis}$=17) zu ihren **Berufswahlmotiven** zeichneten sich das Interesse am Fach bzw. an der Fachwissenschaft sowie das pädagogische Interesse als wichtige Gründe ab. Das hinlänglich verbreitete Vorurteil Lehramtsstudierende wählen das Studienfach aus Ermangelung an Alternativen, sei es aufgrund fehlender Leistungen oder Unentschlossenheit, konnte in dieser Stichprobe widerlegt werden (Mittelwert der zu einem Faktor zusammengefassten Items: 1,68 bei 1 – Nichtzustimmung, 5 – völlige Zustimmung). Im Folgenden sollen die Ergebnisse der **Schülertests** in Abhängigkeit der unterrichtenden Studierenden interpretiert werden. Die Unterrichtsreihe „Feuer und Flamme“ wurde nur von Studierenden ohne vorherige Praxiserfahrungen

durchgeführt. Aufgrund der alters-gemischten Klasse (7/8) waren die Themen Verbrennung und chemische Reaktionsgleichungen für etwa die Hälfte der Schüler Wiederholung. Die Gewichtung lag auf alltagschemischen Prinzipien. Die Unterrichtsreihe „Organische Stoffklassen“ wurde in einer reinen 9. Klasse als völlig neuer Stoff behandelt. Hier unterrichteten zum überwiegenden Teil Studierende, die bereits im ersten Semester Praxiserfahrungen sammeln konnten. Im Mittel erreichten die Schüler der Klasse 7/8 eine Punktzahl von 10,2 von maximal 17 Punkten, die Schüler der Klasse 9 erhielten eine mittlere Punktzahl von 10,5. Der Unterschied ist also auf den ersten Blick relativ gering. Auch eine einfaktorielle Varianzanalyse konnte keine signifikante Korrelation zwischen dem Testergebnis und den vorhandenen Praxiserfahrungen der Studierenden zeigen. Deshalb soll hier nun qualitativ diskutiert werden. In Anbetracht der Tatsache, dass der Unterrichtsstoff für die untere Klasse für die Hälfte der Schüler eine Wiederholung darstellte und der Großteil des Unterrichts auf phänomenologischer Basis verlief, der Unterricht für die 9. Klasse hingegen für die Schüler neu war und schwierige Strukturformeln und Reaktionsgleichungen behandelt wurden, lässt sich der rein rechnerisch nur wenig bessere Mittelwert dennoch als sehr positives Ergebnis auslegen und auf einen qualitativ hochwertigeren Unterricht durch die Studierenden, die bereits Erfahrungen hatten, schließen. Die Behandlung des gleichen Unterrichtsstoffes in zwei Parallelklassen könnte hier sicher signifikante Zusammenhänge aufzeigen, allerdings ist die Erprobung immer stark von den Möglichkeiten der Kooperationsschulen abhängig.

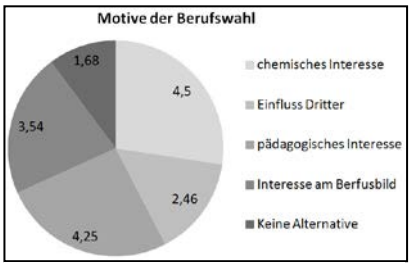


Abb.1: Verteilung der Mittelwerte der möglichen Berufswahlmotive

Ausblick

Die Studie wird im WiSe 14/15 mit weiteren Erstsemesterstudierenden des Lehramts Chemie fortgesetzt. Des Weiteren soll eine breit angelegte Schülerbefragung Aufschluss darüber bringen, wie Schüler selbst offene und differenzierende Lernformen einschätzen und wie sie Studierende als Lehrpersonen wahrnehmen. Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit wird außerdem eine Bestandsaufnahme zur Praxisorientierung in der deutschen Chemie-lehramtsausbildung erfolgen.

Literatur

Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts, Seelze-Velber, Klett/Kallmeyer, S. 156ff

Schaarschmidt, U & Herlt, S. (2007). Fit für den Lehrberuf?, In: Schaarschmidt, U. & Kieschke, U. (Hrsg.). Gerüstet für den Schulalltag. Psychologische Unterstützungspunkte für Lehrerinnen und Lehrer, Weinheim, Beltz-Verlag, S. 157 - 182

Hoffmann, M & Woest, V. (2014). Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!? Freie Lernzeiten differenzierend gestaltet durch Erstsemesterstudierende, In: Bernholt, S. (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Kiel, IPN, S. 547

Mayring, P. (2001). Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse, In: Forum Qualitative Sozialforschung (Online Journal), Jg. 2, Heft 1, Artikel 6, S. 7ff (URL: file:///C:/Users/Standard/Downloads/967-3012-1-PB.pdf, Zugriff: 08.10.2014)

Jens Klinghammer Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe
Olaf Krey

Physikunterricht in Bildern: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden

Einleitung

Die u. a. durch Seidel et al. (2002) durchgeführten Analysen zur Struktur des Physikunterrichts zeigen, dass lehrerzentrierter Unterricht den Physikunterricht bestimmt. Die Veränderung eines lehrerzentrierten Physikunterrichts hin zu einer schülerzentrierten Lernumgebung hängt besonders von den Vorstellungen der betreffenden Lehrkräfte über das Lehren und Lernen ab (Nespor, 1987). Aufgrund der Annahme, dass diese Vorstellungen das Handeln im Unterricht beeinflussen, ist die Kenntnis von vorhandenen unterrichtsbezogenen Vorstellungen angehender Lehrkräfte von besonderem Interesse (Baumert & Kunter, 2006).

Theoretischer Hintergrund

Unter Vorstellungen werden hierbei alle bewussten und unbewussten mentalen Aspekte verstanden, welche das Handeln von Lehrkräften beeinflussen können (Fischler 2000a, 2000b; Markic & Eilks 2007). Gustafson und Rowell (1995) sowie Fischler (2000a) kommen zu dem Schluss, dass Lehramtsstudierende bereits vor dem Beginn ihres Studiums konkrete Vorstellungen vom Lehren und Lernen in ihren Fächern besitzen und dass das Handeln von Lehrkräften stärker durch die eigenen schulischen Erfahrungen als durch das im Studium Erlernte beeinflusst wird. Zur Veränderung dieser mitgebrachten Vorstellungen müssen diese erkannt und durch die Studierenden selbst reflektiert werden (Fischler, 2000b). Fischler (2000a) konstatiert eine deutliche Tendenz, in der Lehramtsstudierende der Physik deutlich öfter traditionelle als konstruktivistische Vorstellungen vom Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften aufweisen. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit den Ergebnissen der Untersuchung von Markic und Eilks (2007), in der Lehramtsstudierende der Physik unmittelbar am Beginn des Lehramtsstudiums Vorstellungen über das Lehren und Lernen äußern, welche durch eine hohe Lehrerzentrierung, eine starke Zielorientierung entlang der Sachstruktur sowie durch rezeptive epistemologische Vorstellungen geprägt sind. Ergänzend zu den bisherigen fachdidaktischen Untersuchungen zu Vorstellungen von Lehramtsstudierenden im ersten Semester wurden im Rahmen dieser Studie die unterrichtsbezogenen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik vor der ersten Praxiserfahrung am Ende des Bachelorstudiums untersucht.

Forschungsfragen

- Welche unterrichtsbezogenen Vorstellungen über die Organisation im Klassenraum lassen sich bei Lehramtsstudierenden der Physik vor der ersten Praxiserfahrung im Rahmen der Schulpraktischen Übungen identifizieren?
- Führen die Auswertungsinstrumente nach Thomas et al. (2001) sowie nach Markic und Eilks (2007) hinsichtlich der Bewertung der Schüler- und Lehrerzentrierung zu Ergebnissen, welche dieselbe Interpretation zulassen?

Stichprobe

Im Rahmen dieser Studie wurden zwischen dem SoSe 2010 und dem WiSe 2013/14 die unterrichtsbezogenen Vorstellungen von 103 Lehramtsstudierenden der Physik vor der ersten Praxiserfahrung am Ende des Bachelorstudiums an der Universität Potsdam untersucht. Die Stichprobe beinhaltet Studierende des Lehramts Primar-/Sekundarstufe und Gymnasium. Erhoben wurden die Vorstellungen der Studierenden im Vorbereitungsseminar unmittelbar vor den Schulpraktischen Übungen am Ende des Bachelorstudiums (ab 5. Sem.).

Methode – Physikunterricht in Bildern

Die Erhebung der Vorstellungen erfolgte durch Unterrichtszeichnungen. Die Aufgabenstellung lautete: „Zeichnen Sie ein Bild, in dem Sie als Physik-Lehrperson in einer selbst gewählten Unterrichtssituation zu sehen sind." Zeichnungen bilden zwar als Produkt nur einen Moment ab, jedoch ist die Entstehung ein Prozess, welcher zum Beispiel durch Vorstellungen oder Auffassungen des Studierenden beeinflusst wird (Billmann-Mahecha, 2010). Wilson und Wilson (1979) gehen davon aus, dass spontane Zeichnungen als wichtige Quelle angesehen werden können, um unbewusste, schwer verbalisierbare, durch Stereotypen überdeckte Informationen zu erhalten.

Tab. 1: Intercoderreliabilitäten für beide Auswertungsinstrumente (R = prozentuale Übereinstimmung; ρ = Spearmans Rangkorrelationskoeffizient; τ = Kendalls Tau; π = Scotts Pi, arithm. Mittel aller 13 Items; κ = Cohens Kappa, arithm. Mittel aller 13 Items)

	Auswertungsinstrument	R	ρ	τ	π	κ
vor der Validierung	Thomas et al. (2001)	0,88			0,72	0,72
	Markic und Eilks (2007)	0,80	0,93	0,88		
nach der Validierung	Thomas et al. (2001)	0,98			0,96	0,96
	Markic und Eilks (2007)	0,99	0,99	0,99		

Die Auswertung der Unterrichtszeichnungen erfolgt mit zwei Auswertungsinstrumenten. Das erste Auswertungsinstrument, die *Draw-A-Science-Teacher-Test-Checklist* (DASTT-C) nach Thomas et al. (2001), ermöglicht die Bewertung der Zeichnungen bezüglich einer schüler- bzw. lehrerzentrierten Vorstellung von naturwissenschaftlichen Unterricht anhand von 13 Merkmalen einer lehrerzentrierten Unterrichtssituation, deren Vorhandensein auf einer dichotomen Skala beurteilt werden soll. Das zweite Auswertungsinstrument nach Markic und Eilks (2007), eine Modifizierung der DASST-C durch Grounded Theory, lässt eine Bewertung der Zeichnung hinsichtlich der Vorstellungen über die Organisation im Klassenraum anhand einer fünfstufigen Ratingskala zu. Die Unterrichtszeichnungen wurden jeweils durch zwei Kodierer ausgewertet (vgl. Tab. 1).

Ergebnisse

Zu Forschungsfrage 1: Die Ergebnisse mit dem Instrument nach Thomas et al. (2001) weisen hinsichtlich der Interpretation des 13 stufigen DASST-C Scores in ‚eher schülerzentriert (0-4)', ‚keine Entscheidung möglich (5-6)' und ‚eher lehrerzentriert (7-13)' eine starke bimodale Verteilung auf (vgl. Abb. 1). Nur wenige Unterrichtszeichnungen ließen keine Entscheidung zu. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die befragten Lehramtsstudierenden der Physik am Ende des Bachelorstudiums zu gleichen Teilen entweder eher lehrer- oder eher schülerzentrierte Vorstellungen äußern ($\chi^2 = 0{,}186$; df = 1; p = 0,666). Die Ergebnisse mit dem Instrument nach Markic & Eilks (2007) weisen eine Gleichverteilung auf und deuten ebenfalls darauf hin, dass es Studierende mit

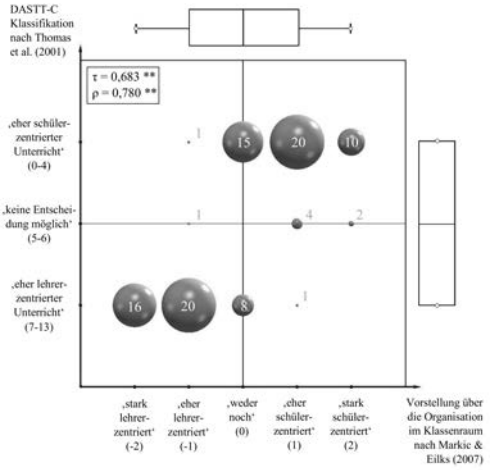


Abb. 1: Die DASST-C Klassifikation korreliert mit den Vorstellungen über die Organisation im Klassenraum nach Markic & Eilks (2007)

schüler- als auch Studierende mit lehrerzentrierten Sichtweisen gibt (χ^2 = 5,98; df = 4; p = 0,2007) (Abb. 1).

Zu Forschungsfrage 2: Vergleicht man die einzelnen 13 Stufen des DASTT-C Score nach Thomas et al. (2001) mit den Vorstellungen bezüglich der Organisation im Klassenraum nach Markic & Eilks (2007), so ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang (τ = 0,598; N = 98; p < 0,001 & ρ = 0,759; N = 98; p < 0,001) (vgl. Abb. 2). Interpretiert und klassifiziert man den DASTT-C Score wie schon in Abb. 1, so ergibt sich ein noch stärkerer Zusammenhang (τ = 0,683; N = 98; p < 0,001 & ρ = 0,780; N = 98; p < 0,001) (vgl. Abb. 1). Die Ergebnisse der zwei Auswertungsinstrumente lassen bezüglich der Schüler- und Lehrerzentrierung demnach eine ähnliche Interpretation zu.

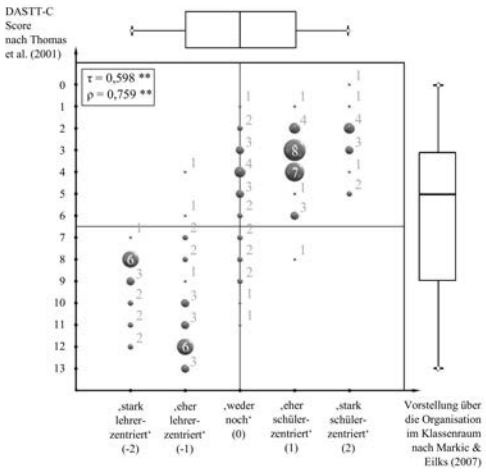


Abb. 2: Der DASST-C Score korreliert mit den Vorstellungen über die Organisation im Klassenraum nach Markic & Eilks (2007)

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der befragten Studierenden am Ende des Bachelorstudiums weisen im Gegensatz zu Studierenden am Beginn des Studiums darauf hin, dass es zu gleichen Teilen Studierende mit schüler- als auch Studierende mit lehrerzentrierten Sichtweisen gibt. Obwohl die Ergebnisse der beiden Auswertungsinstrumente eine ähnliche Interpretation zulassen, scheinen sie unterschiedliche Ebenen der Schüler- bzw. Lehrerzentrierung zu analysieren. Während das Instrument nach Thomas et al. (2001) einen niedriginferenten methodischen Zugang nutzt, ist die Beurteilung der Unterrichtszeichnung nach Markic und Eilks (2007) hochinferent und bezieht sich auf die Tiefenstruktur. Zukünftig soll untersucht werden, in welchem Ausmaß sich die Vorstellungen im Unterrichthandeln der Studierenden in den Schulpraktischen Übungen identifizieren lassen.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520

Billmann-Mahecha, E. (2010). Auswertung von Zeichnungen. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 707-722

Fischler, H. (2000a). Über den Einfluß von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1. 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. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 79-98

Gustafson, B. J. & Rowell, P. M. (1995). Elementary preservice teacher: Constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. International Journal of Science Education, 17 (5), 585-605

Markic, S. & Eilks, I. (2007). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik über Physikunterricht zu Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2(6), 31-42

Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. Journal of Curriculum Studies, 19(4),317-328

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C. T. & Rimmele, R. (2002). "Jetzt bitte alle nach vorne schauen!" - Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. Unterrichtswissenschaft, 30 (1), 52-77

Thomas, J. A., Pederson, J. E. & Finson, K. (2001). Validating the Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): Exploring Mental Models and Teacher Beliefs. Journal of Science Teacher Education, 12 (4), 295-310

Wilson, B. & Wilson, M. (1979). Children's Story Drawings: Reinventing Worlds. School Arts, 78 (8), 6-11

Thorid Rabe MLU Halle-Wittenberg
Olaf Krey

Schulexperimentepraktika in der Physiklehrerausbildung

Schulexperimentepraktika stellen ein typisches Element des Physik-Lehramtsstudiums dar. Allerdings ist wenig über Ziele und Inhalte einer solchen Veranstaltung bekannt. Auf der Grundlage einer Sichtung offizieller Dokumente der einzelnen Hochschulen (Modulhandbücher etc.) und einer deutschlandweiten Expertenbefragung sollen im folgenden Ergebnisse vorgestellt werden, die die inhaltliche und methodische Vielfalt von Lehrveranstaltungen des Typs „Schulexperimentepraktikum“ veranschaulichen. Diese Vielseitigkeit von Lehrveranstaltungen, die in verschiedenster Weise auf die Entwicklung von Kompetenzen im Bereich des schulbezogenen Experimentierens zielen, spiegelt sich bereits in der Vielfalt der Titel wider (vgl. Abb. 1).

Abb.1 Bezeichnungen von Lehrveranstaltungen zum unterrichtsbezogenen Experimentieren

Deutschlandweit wurden 54 Hochschulen mit Physik-Lehramtsstudiengängen recherchiert, an 52 Standorten konnte eine eigenständige Lehrveranstaltung zu Schulexperimenten identifiziert werden. Die folgenden ausgewählten Ergebnisse basieren auf einem Rücklauf von 32 Experten (Onlinebefragung) und können vor dem Hintergrund der DPG-Lehramtsstudie (2014) dazu anregen, vielfältige Perspektiven für Lehrkonzeption und -evaluation zu entwickeln.

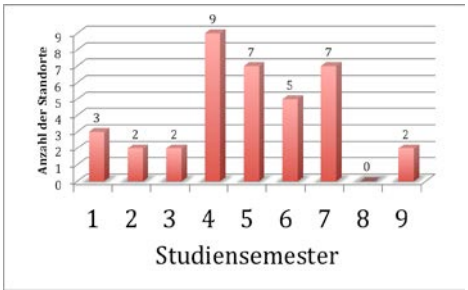


Abb.2 In welchem Semester werden die Studierenden erstmals mit Schulexperimente-Lehrveranstaltungen konfrontiert?

Die Zahl der Lehrveranstaltungen, die dem Feld „Unterrichtsbezogenes Experimentieren“ zugeordnet werden können, bewegt sich zwischen einer (17 Standorte) und drei Lehrveranstaltungen (5 Standorte), wobei zwei Kurse (25 Standorte) am üblichsten sind. Wie Abb. 2 verdeutlicht, beschäftigen die Studierenden sich typischerweise zwischen dem 4. und 7. Semester zum ersten mal intensiver mit dem Thema, wobei die Streuung über die Standorte sehr breit ist. Interessant erscheint uns, dass zum Teil auch eine sehr frühe Konfrontation mit schulbezogenem Experimentieren in den ersten Studiensemestern stattfindet.

Typischerweise werden in Summe vier SWS und 4-6 ECTS für die Lehrveranstaltungen vom Typ „Schulexperimentepraktikum“ vergeben. Damit liegt der typische Umfang deutlich über der Empfehlung von drei ECTS für ein Modul zum unterrichtsbezogenen Experimentieren wie es im Rahmen der DPG-Studie zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik (2014) vorgeschlagen wird.

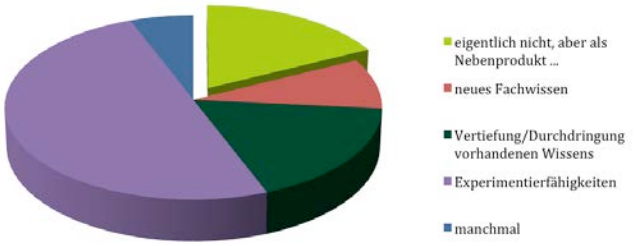


Abb.3 Sollen in der Lehrveranstaltung fachphysikalische Kenntnisse und Fähigkeiten erworben werden? Wenn ja, welche?

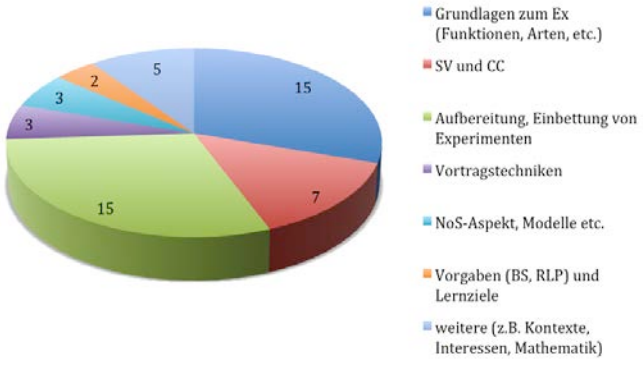


Abb. 4 Werden theoretische Themen der Physikdidaktik im Rahmen der Lehrveranstaltung behandelt. Wenn ja, welche?

Gefragt, ob in der jeweiligen Lehrveranstaltung fachphysikalische Kenntnisse und Fähigkeiten erworben werden sollen, verweisen insgesamt 17 Experten auf allgemeine Experimentierfähigkeiten (vgl. Abb. 3). Neun Experten geben an, dass neues Fachwissen erworben oder vorhandenes Wissen tiefer durchdrungen werden soll. Interessant ist, dass immerhin in sechs Fällen die Veranstaltung nicht dazu dienen soll physikalisches Fachwissen zu erlernen, aber dennoch von den Studierenden als eine solche Lerngelegenheit genutzt wird.

In Abb. 4 ist dargestellt, welche physikdidaktischen Themen nach Auskunft der Experten in der jeweiligen Lehrveranstaltung behandelt werden. Neben theoretischen Grundlagen zum Experimentieren sowie der Aufbereitung und Einbettung von Experimenten im Unterricht sind es vor allem Schülervorstellungen und Conceptual Change, auf welche Bezug genommen wird. Auffällig ist, dass Themen wir Nature of Science oder auch Kontexte und Interessen von Lernenden eher am Rande auftauchen.

Bezüglich der Qualifikationsziele formuliert die oben genannte DPG-Studie „Die Studierenden sollen Experimente unter didaktischen Gesichtspunkten planen, durchführen, *auswerten* [Hervorhebung durch Autoren] und präsentieren können.“ (DPG 2014, 87). Bei den Antworten auf die Frage nach Zielstellungen im Bereich physikdidaktischer Kenntnisse und Fähigkeiten, fällt auf, dass eine Vielzahl von Nennungen alle Phasen des Experimentierens betrifft (39 Codings) oder im Bereich der Planung und Vorbereitung von Experimenten (57 Codings) und der Durchführung von Experimenten (30 Codings) verortet werden kann. Im Gegensatz dazu liegen zu dem Bereich der Auswertung von Experimenten

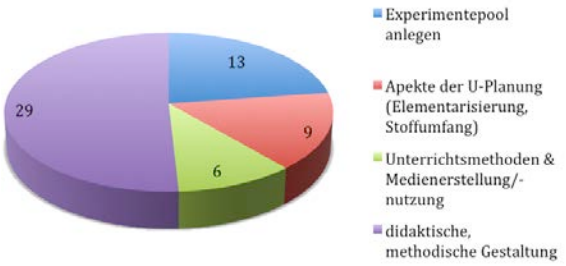


Abb. 5 Ziele bzgl. Planung von Experimenten

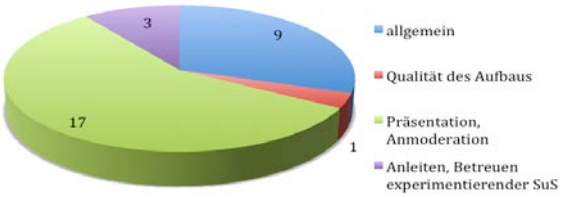


Abb. 6 Ziele bzgl. Durchführung von Experimenten

nur vereinzelte Antworten (3 Codings) vor. Möglicherweise deutet sich hier ein „blinder Fleck" bisheriger Lehrveranstaltungsformate an, der bei Weiterentwicklungen Berücksichtigung verdient. Die genannten inhaltlichen Bereiche sind in Abb. 5, Abb. 6 und Abb. 7 noch einmal differenziert dargestellt. Deutlich wird, dass die Präsentation bzw. Anleitung von Experimenten einerseits und der sachverständige Umgang mit Experimentiermaterial andererseits in zahlreichen Lehrveranstaltungen adressiert werden.

Die Häufigkeit verschiedener Arten von Experimenten wird am höchsten für Realexperimente, Demonstrationsversuche, qualitative Versuche, Versuche mit typischen Lehrmittelgeräten, quantitative Versuche und Schülerversuche (in dieser Reihenfolge) eingeschätzt. Weniger häufig werden nach Auskunft der Experten beispielsweise Freihandversuche, offene Experimente oder historische Experimente aufgegriffen.

Hinsichtlich weiterer Besonderheiten der Lehrveranstaltungen scheinen uns ein starker Fokus auf die Schülerperspektive bzw. die Integration „echter" Lernender in die Lehrveranstaltung, der durch die Studierenden wahrgenommene Praxisbezug, die Feedbackkultur sowie die Verzahnung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik besonders beachtenswert für die Weiterentwicklung und Beforschung des Lehrveranstaltungstyps. So könnten Fragen nach der Wirksamkeit von Schulexperimentepraktika zum Beispiel mit der Frage nach der Authentizität der Experimentiersituation bzw. der Unterrichtsnähe verknüpft werden.

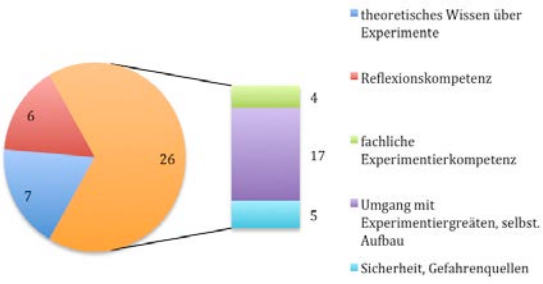


Abb. 7 Ziele, alle Phasen des Experimentierens

Literatur

Deutsche Physikalische Gesellschaft (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik. Bad Honnef.

Henning Klös Universität Paderborn
Josef Riese
Peter Reinhold

Entwicklung professioneller Handlungskompetenz im Praxissemester Physik

Ausgangslage

Das Professionswissen von Physiklehramtsstudierenden ist mittlerweile Gegenstand vieler Untersuchungen (z. B. ProwiN, ProfiLe-P, KiL, Paderborner Arbeiten). Empirische Studien berichten jedoch bisher nur geringe oder gar keine empirischen Zusammenhänge zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen auf der einen und der Unterrichtsqualität bzw. den Schülerleistungen auf der anderen Seite.

Im Rahmen der QuiP-Studie (vgl. Olszewski, 2010) zeigten sich geringe positive Korrelationen zwischen Fachdidaktischem Wissen (dort als PCK modelliert) und dem Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler sowie der Ausprägung der Kognitiven Aktivierung innerhalb einer videografierten Unterrichtseinheit. Bei ProwiN (Cauet, 2014 und in diesem Band) fanden sich in den bisher ausgewerteten Daten keine Zusammenhänge zwischen PCK und dem Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler. Ebenso gab es keine Zusammenhänge zwischen PCK und der Kognitiven Aktivierung innerhalb des Unterrichts, jedoch wurden positive Korrelationen von Fachwissen mit einigen Merkmalen der Kognitiven Aktivierung berichtet. Paderborner Untersuchungen (Vogelsang, im Druck) ergaben positive Zusammenhänge zwischen der Ausprägung von Pädagogischem Wissen und einem Großteil der Merkmale, mit denen die Unterrichtsqualität operationalisiert wurde. Allerdings zeigten sich negative Korrelationen zwischen einigen dieser Merkmale und dem Fachwissen der Lehrkräfte. Bezüglich des Fachdidaktischen Wissens fanden sich jedoch keine signifikanten Korrelationen. Insgesamt lassen diese Ergebnisse keine eindeutigen Schlüsse zu. Eine Handlungsrelevanz des Professionswissens, wie es bisher modelliert wird, kann hieraus jedoch nicht ohne Weiteres abgeleitet werden. Gleichzeitig wird das in der universitären Ausbildung vermittelte Professionswissen jedoch als handlungswirksam postuliert (z. B. Terhart, 2012; Kunter et al, 2011), d. h. es wird davon ausgegangen, dass das dort vermittelte Wissen die Grundlage für professionelles Handeln bildet oder zumindest in eine Handlungsressource transformiert werden kann (z. B. Neuweg, 2011). Paderborner Untersuchungen deuten darauf hin, dass zumindest Studierenden mit geringer Unterrichtserfahrung in ihren ersten Unterrichtsversuchen von hohem Professionswissen profitieren (vgl. Vogelsang, im Druck) und dass sich dies vermutlich vor allem bei der Planung und Reflexion von Unterricht zeigen sollte, da Unterrichtsqualität und erreichte Schülerleistung nicht nur von der Praxiserfahrung der Lehrperson abhängt, sondern auch durch weitere Faktoren beeinflusst wird (vgl. Helmke, 2009).

Design und Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund soll in diesem Projekt die Planungs- und Reflexionsfähigkeit von Studierenden mit geringer Praxiserfahrung untersucht werden. Hieraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Inwieweit ist das Professionswissen von Physiklehramtsstudierenden bei der Planung und Reflexion von eigenem Unterricht handlungsleitend?
- Wie unterscheidet sich das Planungs- und Reflexionsverhalten von Studierenden mit niedrigem bzw. hohem Professionswissen?

Als Stichprobe wird hierzu auf Physiklehramtsstudierende im Praxissemester zurückgegriffen. Die Studierenden hospitieren und unterrichten hierbei über die Dauer eines

kompletten Semesters an einer Schule, wobei eine vorgegebene Mindestanzahl von Stunden selbst durchzuführen ist. Parallel dazu wird pro Unterrichtsfach je ein Begleitseminar an der Universität besucht. Im Rahmen dieses Begleitseminars zum Praxissemester wird dort eine Unterrichtseinheit geplant, durchgeführt, videografiert und im Anschluss reflektiert. Das Vorgehen der Studierenden dabei soll unter anderem interviewbasiert erfasst werden. Hierzu werden Stimulated Recall Interviews auf Grundlage der schriftlich dokumentierten Planung vor der Durchführung der geplanten Unterrichtseinheit durchgeführt. Um nicht ausschließlich auf eine subjektive Rekonstruktion des Planungsprozesses angewiesen zu sein, soll außerdem ein Planungstagebuch geführt werden. Dieses und die Dokumentation der Planung im Rahmen des Seminars soll ebenfalls in die Analyse mit einfließen. Des Weiteren wird nach der Durchführung der Unterrichtseinheit ebenfalls ein Stimulated Recall Interview geführt. Als Grundlage hierfür dienen ausgewählte Szenen aus dem videografierten Unterricht. Auch hier wird die schriftliche Unterrichtsreflexion der Studierenden mit in die Analyse einbezogen. Für die Interviews werden bereits vorhandene Instrumente weiterentwickelt (Vogelsang, im Druck), die Auswertung der Ausarbeitungen der Studierenden geschieht unter Verwendung der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010).

Um den Einfluss des Professionswissens zu untersuchen, sollen die Unterrichtsplanungen und Reflexionen von Studierendengruppen mit hohem bzw. niedrigem Fach- und Fachdidaktischem Wissen miteinander verglichen werden. Das Professionswissen wird auf Grundlage des Kompetenzmodels nach Riese (2009) unter Verwendung von Papier-und-Bleistift-Tests erhoben. Dazu wird auf bereits entwickelte Tests für das Fachdidaktische Wissen (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013) und das Fachwissen (Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011) zurückgegriffen.

Ausblick

Das Praxissemester findet in Paderborn erstmalig im Sommersemester 2015 statt. Im Vorfeld sollen Vorbereitungsseminare genutzt werden, um die Erfassung des Planungsprozesses zu pilotieren. Des Weiteren sollen theoriegeleitet Kategoriensysteme zur Auswertung der studentischen Ausarbeitungen entwickelt werden (vgl. z. B. Abels, 2011). Die Haupterhebung beginnt zusammen mit dem Praxissemester und wird sich aufgrund der geringen Einschreibungszahlen voraussichtlich mehrere Praxissemesterdurchgänge in Anspruch nehmen.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Cauet, E.; Liepertz, S.C; Kirschner, S.; Borowski, A. & Fischer, H. E. (2014): Professionswissen von Physiklehrkräften und Schülerleistung. In S. Bernholt (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht . Jahrestagung in München 2013., 141-143. Kiel: IPN

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013): Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. In ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften) 19, 7-30

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

Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S.& Neubrand, M. (Hrsg.) (2011): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann

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

Neuweg, G. (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, 451–477. Münster: Waxmann

Olszewski, J. (2010): The impact of physics teachers' Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes. Berlin: Logos

Terhart, E. (2012): Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. In Zeitschrift für Bildungsforschung 2 (1), 3-21

Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos

Vogelsang, C. (im Druck): Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) PhysiklehrkräftenZusammenhangsanalysenzwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz

Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011): Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. In ZfDN (Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften) 17, (298-313)

Jana-Katharina Dressler Universität Oldenburg
Julia Michaelis

Analyse der Lernprozesse von Chemielehramtsstudenten in der Praxisphase

Theoretischer Hintergrund

Im Chemieunterricht nimmt das Experimentieren zur Förderung der Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung eine zentrale Rolle ein. In den vergangenen Jahren gab es einige Untersuchungen zum Einsatz von Experimenten im Unterricht sowie deren Effektivität bezüglich des Aufbaus und der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (z. B. Tesch & Duit, 2004). Diese Studien ergaben u. a., dass Experimente nur dann zur Förderung der Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung beitragen können, wenn diese sinnvoll in den Unterrichtsgang eingebettet werden. Somit ergibt sich als Anforderung für Chemielehrkräfte, den Unterricht so zu gestalten, dass der Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns für die Lernenden mithilfe von Experimenten sichtbar und verständlich wird.

Damit Chemielehrkräfte den Unterricht derart gestalten können, müssen sie über spezielles Wissen verfügen, wie z. B. fachdidaktisches Wissen über Aussagekraft und Grenzen von Experimenten oder Wissen über die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und Formen von Experimenten im Unterricht. Dieses Wissen sollten angehende Chemielehrkräfte bereits in ihrer universitären Ausbildungsphase erwerben, damit sie adäquat für die zweite Ausbildungsphase und den weiteren Schuldienst vorbereitet werden (KMK, 2004). Zum Zusammenhang zwischen dem theoretischen Wissen der Studierenden und ihrem Unterrichtsplanen, -handeln und –reflektieren liegen bisher kaum empirische Befunde vor, wenngleich Einzelstudien (z. B. Fach Physik: Riese, 2009) wertvolle Erkenntnisse zum Zusammenwirken verschiedener Wissensbereiche im Prozess der Professionalisierung liefern. Um Wissen kumulativ sowie systematisch aufzubauen und unterrichtspraktisch anwenden zu können, sollen in der Lehrerausbildung theoretische und praktische Inhalte miteinander verknüpft werden, z. B. mithilfe so genannter Praxisphasen bzw. Schulpraktika in der ersten Ausbildungsphase (KMK, 2004). Da die Lernwirksamkeit solcher Praxisphasen jedoch noch nicht empirisch abgesichert ist, stellt diese ein derzeitiges Forschungsdesiderat dar (Hascher, 2006).

Das Promotionsprogramm LÜP (*Lernprozesse im Übergangsraum Praxisphase*) leistet hierzu als Meilenstein wichtige Grundlagenforschung. Es rückt die Lehramtsstudierenden in ihrer Doppelrolle als Lernende und zugleich Lehrende in den Mittelpunkt des Forschungsinteresses (LÜP, 2013). Die Forschungsarbeiten des Promotionsprogramms analysieren die individuellen Lernprozesse von Studierenden beim Planen, Durchführen und Reflektieren von Unterricht in ihrer Praxisphase auf drei verschiedenen Lernprozessebenen (s. Abb. 1).

Forschungsfragen, Methoden und Design

Die hier vorgestellte Forschungsarbeit verfolgt das Ziel, die Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden hinsichtlich der Erkenntnismethode des Experimentierens in der Praxisphase des Masterstudiums zu beschreiben und zu analysieren. Dies erfolgt mittels einer qualitativen und explorativen Prä-Post-Studie. Insgesamt sollen drei übergeordnete Forschungsfragen beantwortet werden, die sich den drei verschiedenen Lernprozessebenen von LÜP zuordnen lassen (s. Abb.1).

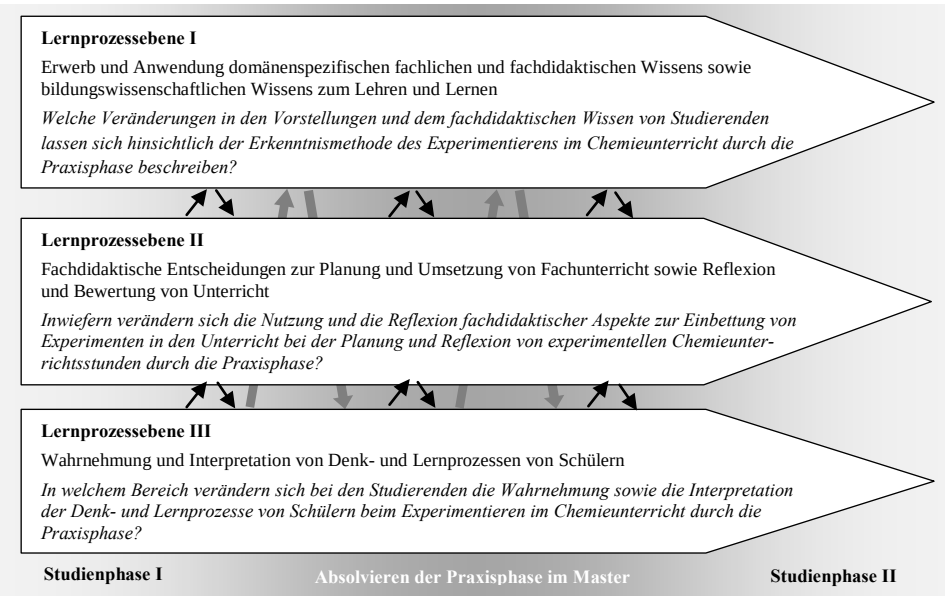


Abb. 1: Forschungsfragen integriert im Forschungsrahmen des Promotionsprogramms LÜP

Um die Lernprozesse der Studierenden diagnostizieren zu können, wurden zwei verschiedene Forschungsinstrumente entwickelt, die im WS 2013/2014 pilotiert wurden. Bei beiden Forschungsinstrumenten handelt es sich um vorstrukturierte Leitfadeninterviews, die jeweils einen anderen Untersuchungsfokus bezüglich der Lernprozesse der Studierenden aufweisen (s. Tabelle 1). Das Interview I diente primär der Untersuchung der Lernprozesse im Planungshandeln der Studierenden. Es nutzte als Stimulus ein handlungsorientiertes Planungsdrehbuch einer experimentellen Chemiestunde, das von den Studierenden selbst erstellt wurde. Hier wurde entsprechend ein Fokus auf die Reflexion von eigenen Unterrichtsplanungen gelegt. Das Interview II fokussierte die Wahrnehmung und Reflexion von Unterrichtssituationen beim Experimentieren im Unterricht. Als Stimulus wurden hier kurze Videosequenzen aus experimentellem Chemieunterricht von bereits fertig ausgebildeten Lehrkräften genutzt. Entsprechend wurde hier der Fokus auf die Reflexion von Fremdunterricht gelegt.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der verwendeten Forschungsinstrumte

	Interview I -Videosequenzen	**Interview II -Planungsraster**
Untersuchungs-schwerpunkt	Wahrnehmung und Reflexion von exp. Unterrichtsszenen sowie der Denk- und Lernprozesse der Schüler beim Experimentieren	Reflexion und Analyse fachdidaktischer Entscheidungen bei der Planung von exp. Chemieunterricht
Nutzung des fachdidaktischen Wissens…	• zum Beschreiben, Reflektieren und Erklären von Unterrichtsszenen zu verschiedenen Phasen des Experimentierprozesses • zum begründeten Abwägen von Handlungsalternativen	• zum Planen exp. Chemiestunden • zur Antizipation von Denk- u. Lernprozessen von Schülern beim Experimentieren • zum begründeten Abwägen von Handlungsalternativen
Stichprobengröße	4 Studierende im Master Ed.	3 Studierende im Master Ed.

Erste Ergebnisse der Pilotierung

Die Instrumente wurden insgesamt mit sieben Studierenden erprobt. Die ersten Ergebnisse der Pilotierung zeigen, dass das Praktikum bei den Studierenden auf allen drei Lernprozessebenen Veränderungen bewirkt hat. Allerdings wird aus den Ergebnissen ersichtlich, dass das Absolvieren des Praktikums nicht grundsätzlich zu einer Erweiterung der Fähigkeiten auf allen drei Lernprozessebenen führt. Bei der bisherigen Auswertung der Ergebnisse der Lernprozessebenen 1 und 2 wurde deutlich, dass die Studierenden nach dem Praktikum nur noch auf bestimmte Wissensbestände zurückgreifen bzw. nur ihr neu erworbenes Wissen nutzen. Auf der Lernprozessebene 3 konnte jedoch eine Erweiterung der Fähigkeiten festgestellt werden sowie eine Verschiebung des Wahrnehmungsfokus von einzelnen Schülern hin zu Schülergruppen bzw. der Klasse als Ganzes.

Ausblick

Nach der Erprobung und Optimierung der Forschungsinstrumente im Rahmen der hier vorgestellten Pilotstudie soll im WiSe 2014/2015 die Hauptstudie erfolgen.

Die Forschungsergebnisse der Hauptstudie sollen dazu beigetragen, die studentischen Lernprozesse hinsichtlich der Erkenntnismethode des Experimentierens innerhalb der Praxisphase im Masterstudiengang differenziert zu beschreiben. Außerdem sollen aus diesen Ergebnissen Rückschlüsse für eine Verbesserung der Begleitung und Förderung von Lehr- und Lernprozessen in praxisverzahnten Lehrveranstaltungen gezogen werden. Die Forschungsinstrumente werden hinsichtlich ihres Potenzials zur Begleitung der Kompetenzentwicklung reflektiert und für nachfolgende Studien adaptiert.

Des Weiteren wird angestrebt, gemeinsam mit den Ergebnissen aus den anderen Forschungsarbeiten des Forschungsprogramms LÜP ein allgemeines Lernprozessmodell für das Lernen von Studierenden in Praxisphasen zu generieren, aus dem Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Praxisphase bezüglich der Lernprozesse von Studierenden abgeleitet werden können.

Literatur

Tesch, M., Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. ZfDN, Jahrgang 10, S. 51-59.

KMK, Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg*.)* (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Letzter Zugriff am 08.07.2014 unter www.kmk.org.

Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum-Veränderungen durch das Praktikum. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. Z.f.Päd., Jahrgang 52, S. 130-148.

LÜP (2013). Lernprozesse im Übergangsraum - Praxisphasen von Lehramtsstudierenden empirisch untersuchen und modellieren – LÜP. Letzter Zugriff am 24.9.2014 unter http://www.uni-oldenburg.de/luep/.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos.

Stefan Anthofer Universität Regensburg
Oliver Tepner

Durchführung und Reflexion universitärer Schülertage im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

Das Professionswissen stellt einen wesentlichen Aspekt der für den Lehrberuf erforderlichen Kompetenzen und einen aktuellen Schwerpunkt der fachdidaktischen Forschung dar (Abell, 2007; Fischler, 2008; Kunter et al., 2011). Dabei lassen sich die Dimensionen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und allgemein pädagogisches Wissen unterscheiden (Shulman, 1987). Bisher gibt es in der chemiedidaktischen Forschung kaum Untersuchungen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem experimentell-fachdidaktischen Wissen angehender Lehrkräfte und ihrem Handeln in unterrichtlichen Situationen befassen (Baumert & Kunter, 2006). Um diese Forschungslücke zu schließen, wird ein universitäres Seminar zum schülerzentrierten Einsatz von Experimenten entwickelt und evaluiert. Das Seminarkonzept folgt dem Prinzip der Learning Studies (Nilsson, 2014): Zunächst werden ein Thema ausgewählt, ein entsprechender Schülerwissenstest konzipiert und dieser mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Nach der Planung der Unterrichtsstunde wird diese gehalten und mit einem Post-Test für die Schülerinnen und Schülern abgeschlossen. Bevor die Stunde verbessert und erneut durchgeführt wird, findet eine Videoanalyse statt.
Die Selbstreflexion kann bei Videoanalysen durch den Einsatz von sogenannten Prompts unterstützt werden. Diese sollen den Lernprozess, insbesondere von prozeduralem Wissen, fördern, indem sie die Aufmerksamkeit der Studierenden auf bestimmte unterrichtsrelevante Aspekte lenken (Schworm, 2007, Renkl, 2008). Dabei kann der Grad der Richtungsweisung variieren. So werden allgemeine und spezifische Prompts unterschieden.

Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Förderung des experimentell-fachdidaktischen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Tests zur Erfassung des Fachwissens über Stofftrennung und -identifikation von angehenden Chemielehrkräften
- Entwicklung eines Leitfadeninterviews zur Erfassung des reflexiven Wissens zum experimentellen Erkenntnisgewinnungsprozess
- Aufklärung des Zusammenhangs zwischen dem experimentell-fachdidaktischen Wissen von angehenden Chemielehrkräften, ihrem Unterrichtshandeln und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler

Methode

Zu Beginn des Seminars werden sowohl das experimentell-fachdidaktische Wissen mithilfe eines Tests nach Backes, Sumfleth und Tepner (2012) als auch das Fachwissen zum Thema Stofftrennung und -identifikation erhoben. Dazu wurde im Frühjahr 2013 ein Multiple-Choice-Test modellbasiert konzipiert (Tepner et al., 2012).
Im Anschluss daran entwickeln je zwei Studierende als Tandem ein vierzigminütiges Unterrichtskonzept zum Themenfeld Stofftrennung und -identifikation aus dem Profilbereich der achten Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiallehrplans. Die Thematik wurde insbesondere aus zwei Gründen gewählt. Zum einen kann diese unabhängig von anderen Themen im Verlauf des Schuljahres jederzeit behandelt werden. Zum andern können die Schülerexperimente vielfältig gestaltet werden. Die Möglichkeiten reichen vom Nachkochen einer vorgegebenen Versuchsanleitung bis hin zum selbstgesteuerten Experimentieren.

Die Konzepte werden am Schülertag I zum ersten Mal erprobt. Der Schülertag findet im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. Etwa zwei Wochen vor dem Schülertag bearbeiten die Schülerinnen und Schüler dieser Klasse einen Fachwissenstest (N_{Items} = 30) und einen Fragebogen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (N_{Items} = 63). Zu Beginn des Schülertages werden kognitive Fähigkeiten (N_{Items} = 25) und Fachinteresse (N_{Items} = 11) erfasst. Direkt nach jeder der sechs Unterrichtsstunden wird jeweils ein Teil des erwähnten Fachwissenstests erneut durchgeführt, um den Lernzuwachs in jeder einzelnen Stunde messen zu können. Zusätzlich werden 14 Items, die auf Verständnis und Selbststeuerung des Experiments abzielen, erhoben.
Die Studierenden, die gerade selbst nicht unterrichten, verfolgen die Unterrichtsstunden der anderen Seminarteilnehmer und füllen dazu jeweils Beobachtungsbögen (N_{Items} = 31) aus. Von wesentlicher Bedeutung sind dabei Facetten wie z. B. Strukturierung, Schüleraktivierung und Methoden. Zudem notieren die Studierenden auf den Unterrichtsbeobachtungsbögen drei konkrete Tipps und drei verschiedene Item-Nummern, die die unterrichtenden Lehrkräfte bei der erneuten Durchführung am Schülertag II verbessern sollen.

Alle Unterrichtseinheiten werden videografiert. Im Rahmen einer Teilstudie des Gesamtprojektes werden die erstellten Unterrichtsvideos ausführlich im Hinblick auf Klassenführung, Experimentierverhalten und kognitiver Aktivierung mit Hilfe der Software Videograph ausgewertet. Die ergänzende Basiskodierung umfasst die Kategorien tatsächliche Unterrichtszeit, Einteilung der Unterrichtsstunde, Organisationsform im Unterricht und die Beteiligung der Schülerinnen und Schüler. Bevor die Studierenden die Unterrichtsvideos reflektieren, werden die Tandems gemeinsam interviewt. Dazu wurde ein Leitfadeninterview entwickelt, das unter anderem folgende Aspekte beinhaltet: die Planung der Unterrichtsstunde und die Konzeption des Schülerexperiments.
Beim folgenden Seminartermin sollen die Studierenden jeweils einzeln die eigene videografierte Unterrichtsstunde analysieren. Zur Unterstützung und Orientierung arbeiten sie mit vorgegebenen Prompts. Im Rahmen der Vergleichsgruppenuntersuchung erhält die eine Hälfte der Teilnehmer spezifische, die andere allgemeine Prompts.
Beim nächsten Seminartermin findet der fachliche Austausch zwischen den Tandempartnern, unter Verwendung der ausgewerteten Schülereinschätzungsbögen und Beobachtungsbögen der Studierenden sowie der Resultate der eigenen Videoanalyse statt. Ziel ist es, bis zum Schülertag II die einzelnen Unterrichtskonzepte im Hinblick auf Experimentier- und Lehrerverhalten zu optimieren. Wie bei der Vorbereitung von Schülertag I stehen den Teilnehmern derselbe zeitliche Umfang und dieselben Hilfsmitteln zur Verfügung. Schülertag II wird analog zu Schülertag I mit einer weiteren Lerngruppe durchgeführt.
Nach Schülertag II und vor der zweiten Reflexion mit Hilfe der erstellen Unterrichtsvideos werden – wie oben bereits beschrieben – die Tandempartner erneut gemeinsam interviewt. Dabei werden die Fragen aus der ersten Interviewrunde beibehalten. Bis zum Schülertag III folgen die individuelle Videoreflexion mit Hilfe allgemeiner und spezifischer Prompts, der fachliche Austausch mit den Tandempartnern, sowie die erneute Optimierung der Unterrichtskonzepte. Weder bei Schülertag III, noch bei der dritten Interviewrunde und der dritten Analyse der Unterrichtsvideos werden bei der organisatorischen Durchführung Veränderungen vorgenommen. Am Ende des Seminars werden Post-Tests zum PCK und CK (Stofftrennung und -identifikation) erhoben.

Erste Ergebnisse der Pilotstudie

Erste Ergebnisse der Pilotstudie im Hinblick auf den CK-Test ergeben bei den Studierenden einen hochsignifikanten Wissenszuwachs ($t(16) = 8.95$; $p < .001$; $d = 1.40$). Der Reliabilitätskennwert des Tests ist mit $\alpha = .78$ zufriedenstellend. Items mit einer zu geringen Trennschärfe werden nicht in die Berechnung einbezogen. Diese werden vor der Hauptstudie

überarbeitet bzw. ersetzt. Dabei wird die Gesamtzahl von 24 Items beibehalten. Auch im eingesetzten fachdidaktischen Test erzielen die Studierenden im Post-Test ein hochsignifikant besseres Ergebnis als im Pre-Test ($t(16) = 8.88$; $p < .001$; $d = 1.92$). Die Reliabilität des Tests ist mit $\alpha = .80$ zufriedenstellend bis gut.

Die Auswertung der parallel zum Seminar durchgeführten Interviewstudie ergab weitere Hinweise, dass das experimentell-fachdidaktische Wissen im Laufe des Seminars zunahm und mit einer offeneren Gestaltung der Schülerexperimente einherging. Außerdem wurde verstärkt der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg als eine didaktische und wissenschaftspropädeutische Methode zur Erkenntnisgewinnung im Unterricht eingesetzt.

Der Fachwissenstest der Schülerinnen und Schüler wird jeweils etwa zwei Wochen vor den Schülertagen und an den Schülertagen nach den einzelnen Unterrichtsstunden in Form von Kurztests erhoben. Es zeigt sich an allen drei Schülertagen (ST; $23 < N_{Schüler} < 28$) ein hochsignifikanter Wissenszuwachs (ST1: $t(26) = 4.28$; $p < .001$; $d = 0.79$; ST2: $t(24) = 5.08$; $p < .001$; $d = 1.09$; ST3: $t(23) = 6.60$, $p < .001$; $d = 1.86$). Die zunehmende Effektstärke von Schülertag I bis III könnte ein Hinweis auf eine positive Auswirkung des steigenden experimentell-fachdidaktischen Wissens der Studierenden und/oder ihres verbesserten Unterrichtshandelns sein.

Ausblick

Derzeit wird die Hauptstudie dieses Promotionsvorhabens durchgeführt. Zudem werden 20 Chemielehrkräfte und 20 weitere Naturwissenschaftslehrkräfte der Fächer Physik und Biologie untersucht, um den PCK- und CK-Test per Kontrastgruppenvergleiche zu validieren.

Literaturverzeichnis

Abell, S. K. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), Handbook of Research on Science Education (S. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften. Unveröffentlichtes Manuskript, Essen.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520.

Fischler, H. (2008). Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 51–55.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

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.

Renkl, A., Berthold, K., Eysink, T. H. S. (2008). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. Instructional Science, 37 (4), 345–363.

Schworm, S., Renkl, A. (2007). Learning Argumentation Skills Through the Use of Prompts for Self-Explaining Examples. Journal of Educational Psychology, 99 (2), 285–296.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1–22.

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, 7–28.

Susan Fried Universität Würzburg
Markus Elsholz
Thomas Trefzger

Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor
Die Anwendung physikdidaktischer Kompetenzen im Lehr-Lern-Labor

Abstract
Die Forderung nach zusätzlichen Praxisphasen im Lehramtsstudium wurde im Laufe der letzten Jahre immer deutlicher. Vor allem die Schulung der professionellen Handlungskompetenzen spielt dabei eine große Rolle. An der Universität Würzburg ist mit den Lehr-Lern-Laboren (L^3) seit 2010 eine zusätzliche verpflichtende Praxisphase in das Studium integriert. In einer Quasi-Längsschnittstudie wird die Anwendung des deklarativen physikdidaktischen Wissens der Studierenden im L^3 an der Universität Würzburg untersucht. Zusätzlich soll geprüft werden, ob ein theoretischer Input den Rückgriff auf physikdidaktisches Wissen stärkt.

Hintergrund
In der aktuellen Forschung besteht ein besonderes Interesse am Professionswissen von Lehrkräften. Dies liegt unteranderem daran, dass in Studien aus der Mathematik gezeigt werden konnte, dass dem Professionswissen eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung von Unterricht zugesprochen werden kann (Abell et al., 2007). Das Professionswissen wird dabei in die drei Bereiche fachwissenschaftliches Wissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) unterteilt. Das gesamte Modell professioneller Handlungskompetenzen schließt noch Teilaspekte wie motivationale Orientierung, Selbstregulation und Überzeugungen und Ziele mit ein (Baumert et al., 2011). Für die folgende Studie ist ausschließlich das fachdidaktische Wissen von Bedeutung.
Unter fachdidaktischem Wissen wird das Wissen verstanden, welches eine Person befähigt fachliche Gegenstände darzustellen, zu erklären, zu strukturieren und zu vernetzen (vgl. Shulman, 1986; Schmelzing, 2010). Magnusson erweitert die, unter anderem auf Shulman beruhende, Definition auf fünf Dimensionen aus. Sie enthalten unter anderem Wissen über Schülerkognition, Instruktionsstrategien, Curriculum und Assessment (Magnusson et al., 1999). Diese Dimensionen finden sich aktuell in verschiedenen Projekten zum Professionswissen von angehenden Physiklehrkräften (vgl. Kröger et al., 2013; Gramzow et al., 2013).
Das L^3 bietet als zusätzliche verpflichtende Praxisphase den Studierenden die Möglichkeit in einem geschützten Rahmen Professionswissen anzuwenden, auszuprobieren und auch zu erwerben. Die Studierenden erstellen in der Vorbereitungsphase des Seminars zu einem vorgegebenen Thema Experimentierstationen und Materialien und planen die Durchführung der Stationen für Schulklassen einer bestimmten Jahrgangsstufe. In der Praxisphase des Seminars betreuen die Studierenden 4-5 Schulklassen bei der Durchführung des L^3 an ihrer Station. Nach jeder Durchführung erhalten die Studierenden von ihren Kommilitonen und den Dozenten Feedback und dürfen ihre sich und ihre Stationen reflektieren.
In einer Parallelstudie zum akademischen Selbstkonzept und zur Selbstwirksamkeitserwartung (Elsholz & Trefzger, 2014) deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass sich die Studierenden nach Beendigung des L^3-Seminars in Bezug auf ihr Studium, auf ihre Kommilitonen und absolut in allen drei Bereichen des Professionswissen nachher höher einschätzen als vorher – zumindest in der Mehrzahl der für die Operationalisierung des Konstrukt verwendeten Bezugsnormen (Dickhäuser et al., 2002), allerdings nicht im individuellen Bereich (Elsholz & Trefzger, 2014).

Forschungsfragen
Aufgrund der Ergebnisse der Parallelstudie ist das Ziel der Studie zu untersuchen, ob die Studierenden tatsächlich ihr fachdidaktisches Wissen aus dem Studium nutzen. Dazu ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Verändern sich Aspekte der fachdidaktischen Kompetenzen im Laufe des Lehr-Lern-Labors?
- Rekurrieren Studierende auf fachdidaktisches Wissen?
- Beeinflusst ein zusätzlicher theoretischer Input den Rückgriff auf fachdidaktisches Wissen?
- Kann die Wirkung des Lehr-Lern-Labors durch Theorieinput verbessert werden?

Studiendesign
Das Studiendesign ist an den Ablauf des L^3 angelehnt. Entsprechend einem pre-post-Design erhalten die Studierenden in der ersten Seminarwoche und am Ende des Seminars einen Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen und zum Wissen über Schülervorstellungen. Zu Anfang werden die Studierenden in Kleingruppen eingeteilt, in denen sie die Experimentierstationen erstellen. In der dritten Seminarwoche werden die Studierenden zusätzlich in eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe eingeteilt. In der vierten Woche werden mit den Studierenden der Interventionsgruppe Theorie und Praxis zur Diagnose von Schülervorstellungen sowohl allgemein als auch spezifisch zum aktuellen Seminarthema, Energie, wiederholt. Nach der Intervention gehen sie wieder in ihren Kleingruppen zusammen und erstellen die Experimentierstation und Planen die Durchführung. Pro Semester ist mit Teilnehmerzahlen zwischen 17-25 zu rechnen. Im aktuellen Seminar befinden sich 19 Studierende zwischen den 3-5 Semester. Die Studie soll über 3 Semester laufen.

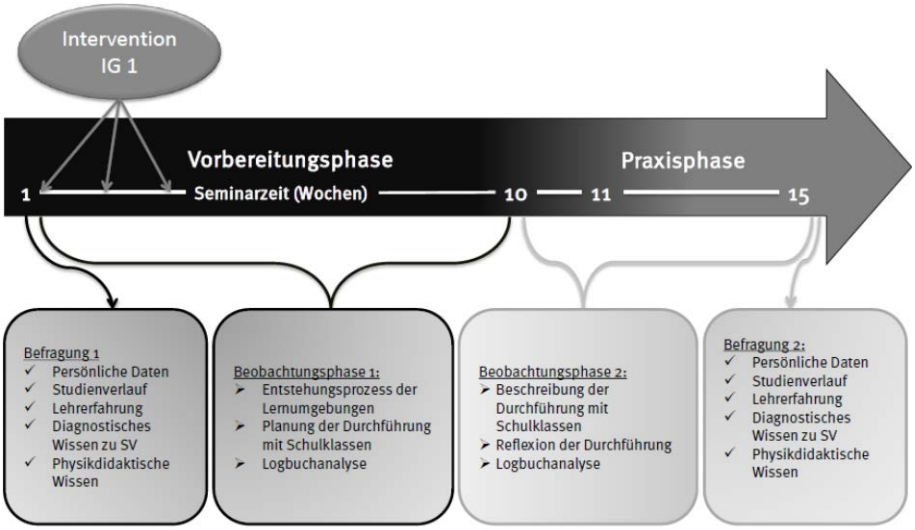


Abb. 1: Veranschaulichung des Forschungsdesigns und des Ablaufs des Lehr-Lern-Labors

Methoden
Bei den Methoden muss zwischen der quantitativen Erhebung und der qualitativen Erhebung unterschieden werden.

Zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens wurden Items aus dem Projekt KiL (Kröger et al. 2013) verwendet. Der Fragebogen besteht aus 20 Items zum PCK und 10 Items zum CK. Die Items zum CK sind an das Thema des aktuellen Seminars – Energie - angepasst. Zusätzlich enthält der Fragebogen fünf weitere Items zum Thema Energie.
Als Erhebungsinstrument für die Schülervorstellungen dienen 13 Items aus dem Diagnoser Question Set des DIAGNOSER Projekt (Thissen-Roe et al., 2004) zum Thema „Nature of Energy". Bei dem Fragebogen müssen die Studierenden zwei Aufgaben erfüllen. Als erstes füllen die Studierenden den Fragebogen entsprechend ihres Wissenstands aus. Im Anschluss daran müssen die Studierenden bei jeder Frage gezielt eine Falschantwort diagnostizieren und die zugrundeliegende Schülervorstellung nennen.
Zusätzlich zu den Fragebögen soll zur qualitativen Erhebung ein Logbuch genutzt werden. Hier müssen die Studierenden zu vier Zeitpunkten (zwei in der Vorbereitungs- und zwei in der Praxisphase) auf zwei Seiten Stellung zu bestimmten Fragen nehmen.
Beispielfrage zum dritten Erhebungszeitpunkt der qualitativen Erhebung:
Reflektieren Sie Ihre erste Durchführung! Nehmen Sie dabei vor allem Stellung dazu: Was hat geklappt? Was hat nicht geklappt? Und begründen Sie dieses aus didaktischen Gesichtspunkten!

Zusammenfassung
Ziel der Studie ist die Untersuchung, ob die Studierenden die Lehrgelegenheit der zusätzlichen Praxisphase nutzen, ihr bis dahin erworbenes Wissen anzuwenden. Zur Erfassung des physikdidaktischen Wissens werden die Skalen aus dem Projekt KiL und den Projekt DIAGNOSER verwendet. Nach ersten Logbuchanalysen wurde eine Invention in das Seminar integriert, um Aufschluss darüber zu erhalten, ob hierdurch die Wirkung des L^3 verbessert werden kann. In einem nächsten Schritt wird die Lehrwirksamkeit der Intervention und die Passung der Fragebögen zur Intervention untersucht und die ersten Ergebnisse der Erhebung ausgewertet.

Literatur
Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K.Abell (Hrsg.), Handbook of research on science teacher education. 1105-1149
Baumert, J., Kunter, M. et al (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV.
Dickhäuser, O. et al. (2002): Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23(4), 393-405.
Elsholz, M. & Trefzger, T. (2014). Impact of teaching practice on academic self-concept of pre-service physics teachers. ICPE-EPEC Conference Proceedings Prag, 876-881.
Gramzow, Y., Reinhold, P. et al (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. ZfdN, 19, 7-30.
Kröger, J., Neumann, K. et al. (2013). Messung professioneller Kompetenzen im Fach Physik. Inquiry-based-learning – Forschendes Lernen, Bd. 33, 533-535.
Magnusson, S., Krajcik, J. et al. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Hg.). Examining pedagogical content knowledge. 95-132.
Schmelzing, S. (2010). Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften. Konzeptualisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerebildung.
Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14.
Thissen-Roe, A., Minstrell, J. et al. (2004). The DIAGNOSER project. Combining assessment and learning. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 36, 234-240.

Helen Krofta Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier
Malte Buchholz
Carsten Schulte

BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor: ein Projekt stellt sich vor

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ins Lehramtsstudium der Physik und Informatik an der Freien Universität Berlin zu integrieren, ist das Ziel des neuen, DBU-geförderten Projektes *"BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor"*. Angehenden LehrerInnen soll es ermöglicht werden, in ihrer späteren Berufslaufbahn selbstständig BNE in Unterricht und Schulentwicklung zu integrieren.
Im aktuellen Projekt wird das bereits etablierte und vorgestellte Konzept der Praxisseminare (Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2013) weiterentwickelt. In dem im Sommersemester 2014 neu eingerichteten *„Praxisseminar Smart Grid"* sollen Lehramtsstudierende der Physik und Informatik BNE-Lehrerkompetenzen nach dem KOM-BiNE-Modell (Rauch, Streissler & Steiner, 2008) erwerben. Dazu sollen sie im Team inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell das Nachhaltigkeitsthema *„Stromversorgung der Zukunft"* aufbereiten, einen kompetenzorientierten Unterricht zur Durchführung im Schülerlabor planen und diesen auf Basis von Beobachtung, Erfahrung und Reflexion überarbeiten. Als Grundlage der Unterrichtsentwicklung dient das Konzept der Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008).
„Schülerlabore" (im Sinne von Lehr-Lern-Laboren) sind dazu geeignet, Teilbereiche von BNE inhaltlich und methodisch mit Schulklassen umzusetzen, wenn dabei interdisziplinäre Blickwinkel eingenommen werden und gezielt die Möglichkeit zum Perspektivwechsel bzw. zur Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Wertvorstellungen gegeben wird.

Projektanlass

Lehrkräfte nehmen eine Schlüsselfunktion dabei ein, Kindern und Jugendlichen bei der Entwicklung der im Bereich BNE wichtigen Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008) und Bewertungskompetenz (Eilks, Hößle, Höttecke & Menthe, 2011) zu helfen.
Vor diesem Hintergrund ist es erstaunlich, wie wenige Publikationen sich mit den Kompetenzen beschäftigen, die Lehrpersonen selbst brauchen, um BNE-Kompetenzen bei den SchülerInnen zu fördern. Die Arbeitsgruppe zur Lehrerbildung des Projekts Transfer 21 forderte, Lehrkräfte müssten bereits im Studium „diejenigen Kompetenzen erwerben, die sie in die Lage versetzen, Fragen einer nachhaltigen Entwicklung inhaltlich und methodisch angemessen sowie didaktisch professionell zu bearbeiten" (de Haan, 2007, S. 9). Die Implementierung von BNE in die Lehramts-Studiengänge ist derzeit deutschlandweit jedoch noch wenig umgesetzt. Auch in den Modulbeschreibungen der Lehramtsstudiengänge für Physik und Informatik der Freien Universität Berlin sind Nachhaltigkeitsthemen sowie BNE bislang nicht explizit aufgeführt. Für uns als Institution der Lehrerbildung ergibt sich daher die Aufgabe, die Prinzipien einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in die Lehrveranstaltungen zu integrieren.

Förderung von BNE-Lehrerkompetenzen durch das Praxisseminar

Ähnlich wie im Konzept der Gestaltungskompetenz ist auch beim Erwerb von BNE-Lehrerkompetenzen davon auszugehen, dass das projektorientierte Arbeiten in der Gemeinschaft gewinnbringend ist (Rauch, Streissler & Steiner, 2008).

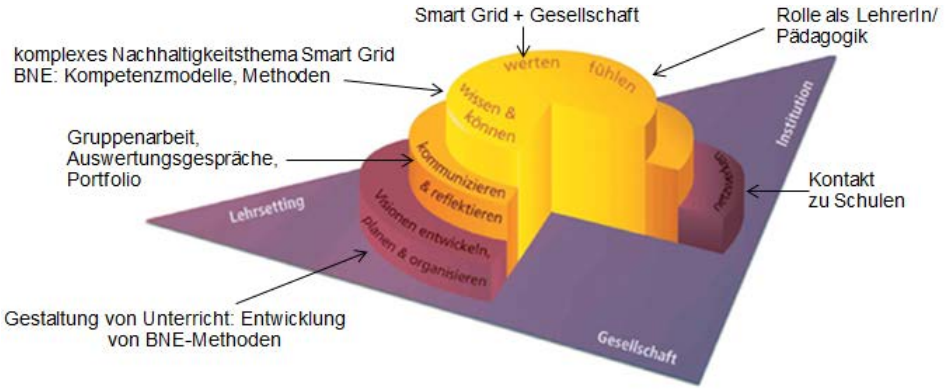


Abb. 1: Im „Praxisseminar Smart Grid" werden wichtige BNE-Lehrerkompetenzen des KOM-BiNE-Modells gefördert (nach Rauch, Streissler & Steiner, 2008).

Der KOM-BiNE-Kompetenzbereich ***wissen & können*** (Abb. 1) ist definiert durch das Theoriewissen über BNE und beinhaltet (a) interdisziplinäres Fachwissen zu Nachhaltigkeitsthemen und (b) didaktische Strategien wie z. B. das Konzept der Gestaltungskompetenz und Wissen über geeignete BNE-Methoden.

Zu (a): interdisziplinäres Fachwissen zum Thema *„Smart Grid"*

Im Praxisseminar wird der Fokus auf multiperspektivische oder fächerübergreifende Kontexte gelegt. Mit dem Fachthema *„Smart Grid"* wurde ganz bewusst ein sehr komplexes Nachhaltigkeitsthema ausgewählt, dem sich die Studierenden in interdisziplinären Gruppen (Physik, Informatik) nähern. Die Herausforderung durch ein im ersten Moment als sperrig und unübersichtlich empfundenes Themengebiet stellt eine Situation dar, wie sie für nachhaltige Entwicklung typisch ist. Ein Thema mit zahlreichen Querverbindungen und Einflüssen ganz verschiedener Fachgebiete muss erschlossen werden. Sich dieser Aufgabe als Lehrerkollegium mit einem gemeinsamen Kompetenzbündel zu stellen, ermöglicht die didaktische Aufbereitung dieses komplexen Themas für die SchülerInnen.

Das Smart Grid, auch als intelligentes Stromnetz bezeichnet, wird in den kommenden Jahren die Struktur und Funktionsweise der Stromversorgung grundlegend verändern. Der Umbau der Energieversorgung ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts und ihre konkrete Gestaltung ein aktuelles Thema in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

Zu (b): didaktische Strategien

Die Studierenden befassen sich ausführlich mit dem Konzept der Gestaltungskompetenz inklusive seiner Teilkompetenzen. Dazu lernen sie ein Repertoire an BNE-Methoden kennen (z. B. Rollen- und Planspiele) und entwickeln diese gezielt weiter, um die Gestaltungskompetenz ihrer SchülerInnen zu fördern. Beispielsweise eignen sich Spiele dazu, Sachwissen, Perspektiven und Interessen eines komplexen Handlungsfeldes abzubilden (Höttecke, 2011), denn bei BNE sollen Zusammenhänge und Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, statt isoliertes Faktenwissen zu vermitteln. Die Zusammenarbeit in der Studierendengruppe spricht weitere Kompetenzfacetten von KOM-BiNE an: ***werten*** beinhaltet u. a. das Empfinden von „Heterogenität und Vielfalt von Personen und Meinungen als Bereicherung" (Rauch, Streissler & Steiner, 2008, S. 16). Das Thema *„Smart Grid"* eröffnet sowohl die für den BNE-Unterricht nötigen kontroversen Blickwinkel als auch die Möglichkeit zu ergebnisoffenem Lernen. Auch eine funktionierende ***Kommunikation*** ist bei der Projektbearbeitung in Gruppen von enormer Bedeutung. Hier müssen verlässliche Absprachen zur Aufgabenverteilung, zu organisatorischen Verantwortlichkeiten und zu Kommunikationswegen getroffen werden. Im KOM-BiNE-Kompetenzbereich ***fühlen*** geht es u. a. um den Aufbau einer empathischen Schüler-Lehrer-

Beziehung. Im Praxisseminar können sich die Studierenden in der Lehrerrolle erproben und ihre Haltungen und Einstellungen reflektieren. Die konkrete Entwicklung didaktischer Konzepte dient dem Kompetenzbereich ***Visionen entwickeln & planen & organisieren***. Einen wichtigen Stellenwert im Seminar nimmt der KOM-BiNE-Kompetenzbereich ***reflektieren*** ein. Die Reflexion dient einerseits der ganz persönlichen Auseinandersetzung mit dem eigenen Wissen, den eigenen Werten und Gefühlen. Aber es geht andererseits auch um die Bewertung der eigenen Handlungen, z. B. in der Gruppenarbeit oder in der Lehrerrolle. Das Seminarkonzept enthält eine ganze Reihe unterschiedlicher Reflexionsgelegenheiten, darunter Auswertungsgespräche zu Schülerverhalten und Lehrerrolle, Gruppendiskussionen zur Evaluation der Gruppenarbeit sowie schriftliche Reflexionen in Form eines Portfolios zur Beleuchtung individueller Lernprozesse.

Ein Beispiel aus dem Praxisseminar

Eine Studierendengruppe entschied sich für die Methode der Szenariotechnik, die sich besonders gut für die vorwiegend zukunftsorientierte Teilkompetenz „Vorausschauend denken und handeln“ (de Haan, 2008, S. 33) zu eignen schien. Dabei lernen die SchülerInnen Methoden der Zukunftsforschung kennen, um Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung zu analysieren und mögliche nachhaltige Entwicklungen zu antizipieren. Diese Methode, bei der normalerweise ein Worst-Case- und ein Best-Case-Szenario entwickelt werden, wurde von den Studierenden so abgewandelt, dass die SchülerInnen zwei Worst-Case-Szenarien entwickelten: eins mit und eins ohne Einführung des Smart Grid. Die SchülerInnen gelangten damit zu dem Fazit, dass sie das Smart Grid zwar befürworten würden, aber nur unter der Voraussetzung eines guten Datenschutzkonzeptes. Dies zeigt, dass die Theorie zielgerichtet und kreativ umgesetzt wurde und auch die Zielgruppe erreicht wurde. Die entstandenen Unterrichtskonzepte werden in den kommenden Semestern in die Seminararbeit einfließen und mehrfach im Labor mit Schulklassen erprobt und evaluiert, was zu einer iterativen Verbesserung führen soll (Hornung & Schulte, 2011). Dabei entstehen bewährte BNE-Unterrichtseinheiten mit Experimenten, Planspielen, Computersimulationen, Kryptografieübungen und dergleichen mehr. Unsere Erfahrungen und die Unterrichtsmaterialien möchten wir in Zukunft gern teilen und zur weiteren Nutzung und Weiterbearbeitung zur Verfügung stellen.

Literatur

Eilks, I.; Hößle, C.; Höttecke, D.; Menthe, J. (2011): Der Klimawandel und die Bedeutung von Bewertungskompetenz für gesellschaftliche Teilhabe und allgemeine Bildung. In: Eilks, I.;Feierabend, T.;Hößle, C.;Höttecke, D.;Menthe, J.;Mrochen, M.; Oelgeklaus, H. (Hrsg.): Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht 7-16. Aulis Verlag

Haan, G. de (2007): Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrerbildung - Kompetenzerwerb für zukunftsorientiertes Lehren und Lernen. Berlin. – http://www.transfer-21.de/index.php?p=362 (9.10.2014)

Haan, G. de (2008): Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept. In: Bormann, I. & Haan, G. de (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 8-12

Höttecke, D. (2011): Rollen- und Planspiele zur Schulung von Bewertungskompetenz. In: Eilks, I.;Feierabend, T.;Hößle, C.;Höttecke, D.;Menthe, J.;Mrochen, M.; Oelgeklaus, H. (Hrsg.): Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht 17-24. Aulis Verlag.

Hornung, M.; Schulte, C. (2011): ProspectiveTeachers@Research: CS teacher education revised. In: Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli, Finland), 138-143.

Krofta, H.; Fandrich, J.; Nordmeier, V. (2013): Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden?. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Jena 2013.

Rauch, F.; Streissler, A; Steiner, R. (2008): Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung (KOM-BiNE) - Konzepte und Anregungen für die Praxis. – ISBN 978-3-85031-110-6.

Holger Tröger[1] [1]Universität Regensburg
Elke Sumfleth[2] [2]Universität Duisburg-Essen
Oliver Tepner[1]

Der Umgang von Chemielehrkräften mit Fachsprache und Schülerfehlern

In der aktuellen Bildungsforschung nimmt die Erforschung von Unterrichtsqualität eine bedeutende Rolle ein. Das Professionswissen von Lehrkräften gilt als ein Qualitätsmerkmal von Unterricht und Arbeiten zum Professionswissen von Lehrkräften weisen auf eine Verbindung zwischen dem Professionswissen, der Qualität des Unterrichts und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (SuS) hin (Abell, 2007; Krauss et al. 2008). Der Zusammenhang zwischen dem theoretischen Professionswissen von Lehrkräften, ihrem Unterrichtshandeln und dem Lernerfolg ihrer SuS ist jedoch weitgehend unklar. Im Rahmen dieser Studie wird dieser Zusammenhang für den Unterricht von gymnasialen Chemielehrkräften in Nordrhein-Westfalen mit dem Schwerpunkt auf dem Umgang mit Fachsprache und Schülerfehlern untersucht.

Theoretischer Rahmen

Shulman (1987) unterscheidet ursprünglich sieben Dimensionen professionellen Wissens, die für das Lehren von Bedeutung sind; in der aktuellen Forschung werden jedoch vornehmlich die Dimensionen *Fachwissen* (content knowledge, CK), *pädagogisches Wissen* (pedagogical knowledge, PK) und *fachdidaktisches Wissen* (pedagogical content knowledge, PCK) diskutiert (Baumert et al., 2010). Unter CK wird vertieftes Hintergrundwissen über die fachlichen Inhalte des Schulcurriculums verstanden (Riese & Reinhold, 2012), während das PK domänen-unspezifisches Wissen über Strategien der Unterrichtsorganisation und des Classroom Managements umfasst (Krauss et al., 2008). PCK wurde im Zuge eines aktuellen PCK Summits als „[...]the knowledge of reasoning behind, planning for, and enactment of teaching a particular topic in a particular way for a particular reason to particular students for enhanced student outcomes“ (Gess-Newsome, 2012) definiert.

PCK ist ein höchst komplexes Konstrukt, dessen Konzeptualisierung in der aktuellen Forschung fortwährend diskutiert wird und das eine Vielzahl von verschiedenen Aspekten und Facetten umfasst. Um den Zusammenhang zwischen dem theoretischen fachspezifischen Professionswissen von Chemielehrkräften, ihrem PCK und CK (Dollny, 2011), und ihrem Unterrichtshandeln sowie dem Lernzuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler untersuchen zu können, muss eine Auswahl hinsichtlich der zu untersuchenden Aspekte des PCK getroffen werden.

Umgang mit Fachsprache im Chemieunterricht

Sprache ist eine Ausdrucksform der Kommunikation (Bußmann, 2002). Vor allem der gesprochenen Sprache kommt eine große Bedeutung im Unterricht zu, da Fachlernen und Sprache eng miteinander verbunden sind (Merzyn, 2008). Für den Austausch auf einer fachlichen Ebene werden Fachsprachen (Rincke, 2007) verwendet und obwohl „die Fachsprache“ nicht klar definiert ist, lassen sich gemeinsame Merkmale von Fachsprachen wie beispielsweise eine komplexe Syntax oder ein spezifisches Fachvokabular herausstellen (Grucza, 2012). Aus der Relevanz der Fachsprache für das Lernen kann gefolgert werden, dass die Verwendung von und der Umgang mit Fachsprache durch die Lehrkräfte von großer Bedeutung für den Lehr-Lern-Prozess sind (Özcan, 2013). Daher wird der Umgang mit Fachsprache in dieser Studie als ein Kernelement des PCK betrachtet.

Umgang mit Schülerfehlern

Eng verbunden mit der Fachsprache ist die Entwicklung von Schülervorstellungen. Das Wissen über Schülervorstellungen ist auch ein Kernelement fachdidaktischen Wissens (Duit

& Treagust, 2003), doch die Konsequenzen von Lehrerhandlungen im Umgang mit Schülervorstellungen und der Zusammenhang zum fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte ist unklar. Da Schülervorstellungen im realen Unterrichtsgeschehen nicht zuletzt aufgrund der wenigen und häufig unzureichend formulierten Aussagen der Schülerinnen und Schüler nicht unmittelbar erfasst werden können, wird in dieser Studie der Schwerpunkt auf den Umgang der Lehrkräfte mit Schülerfehlern gelegt (Sumfleth & Pitton, 1998).

Ziel der Studie und Studiendesign

Im Rahmen dieser Studie wird der Unterricht von gymnasialen Chemielehrkräften ($N_{geplant}$ = *40)* in Nordrhein-Westfalen zum Unterrichtsthema „Atombau und Periodensystem der Elemente“ untersucht. Der Zusammenhang zwischen theoretischem fachspezifischen Professionswissen, Unterrichtshandeln und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wird mit verschiedenen Methoden untersucht. Es wird angenommen, dass sich Lehrkräfte mit einem hohen fachspezifischen Professionswissen hinsichtlich ihres Umgangs mit Fachsprache und Schülerfehlern in ihrem Unterrichtshandeln sowie im Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften mit einem niedrigen fachspezifischen Professionswissen hinsichtlich der zuvor angeführten Aspekte unterscheiden.

Das theoretische Wissen der Lehrkräfte, der Lernerfolg sowie Kontrollvariablen wie kognitive Fähigkeiten und die Sprachkompetenz der Lernenden werden mithilfe von Papier-Bleistift-Tests erfasst; das Unterrichtshandeln wird videografiert, zur weiteren Analyse turnbasiert transkribiert und niedrig- sowie hoch-inferent mithilfe von Kodiermanualen kodiert und ausgewertet. Der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler wird in einem Prä-Post-Design erhoben.

Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler und CK und PCK der Lehrkräfte

Auf Grundlage der schriftlichen Testinstrumente können vorläufige Aussagen zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler sowie zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen der Chemielehrkräfte getroffen werden.

Die Lernenden zeigen einen hoch signifikanten Zuwachs im Fachwissen vom Prätest (M = 10.85, SD = 3.13) zum Posttest (M = 16.35, SD = 4.52, $t(384) = 25.32$, $p < .001$, $r = .79$).

Tabelle 1. Ergebnisse des Fachwissens-Tests für Schülerinnen und Schüler

Test	N_{Lernende}	N_{Items}	α	M	SD
Prätest	385	30	.40	10.85	3.13
Posttest	385	30	.72	16.35	4.52

Eine Varianzanalyse zeigt zudem, dass der Fachwissenszuwachs hoch signifikant von der Lerngruppe der Schülerinnen und Schüler abhängt $F(1,16) = 8.44$, $p < .001$, $part\ \eta^2 = .27$.

Der CK-Test zeigt, dass alle Lehrkräfte über hohes Fachwissen verfügen (66-100 % der erreichbaren Gesamtpunktzahl).
Der PCK Test der Lehrkräfte zeigt eine hohe Varianz hinsichtlich des fachdidaktischen Wissens (28-89 % der erreichbaren Gesamtpunktzahl).

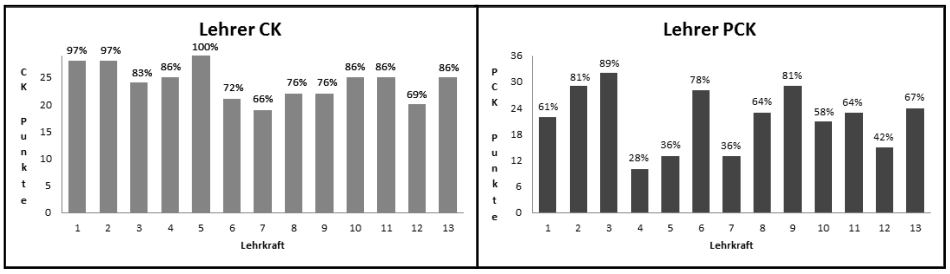


Abb. 1: Lehrer CK und PCK

Auch wenn die zurzeit vergleichsweise kleine Stichprobe der Lehrkräfte (n = 13) keine statistisch belastbaren Aussagen zulässt, lässt sich aufgrund der hohen Varianz hinsichtlich des fachdidaktischen Wissens und des hoch signifikanten Unterschieds des Lernerfolgs zwischen den Lerngruppen ein Zusammenhang zwischen dem PCK der Lehrkräfte und dem Lernerfolg vermuten.

Um die Aussagekraft der Analysen zu erhöhen, wird die Datenerhebung im Schuljahr 2014/2015 fortgeführt. Parallel zur Datenerhebung werden die vorliegenden Videodaten transkribiert, hoch-inferent kodiert, analysiert und mit den Ergebnissen der schriftlichen Testinstrumente in Beziehung gesetzt.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), Handbook of research on science education (pp. 1105–1149). Mahwah, NJ [u.a.]: Erlbaum.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., . . . Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. American Educational Research Journal, 47(1), 133–180. doi: 10.3102/0002831209345157

Bußmann, H. (Hrsg.) (2002) Lexikon der Sprachwissenschaft [Dictionary of Linguistics] (3 ed.). Stuttgart: Körner.

Dollny, S. (2011). Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften. Berlin: Logos.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 25(6), 671–688. doi: 10.1080/09500690305016

Gess-Newsome, J. (2012). The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge. Paper präsentiert bei der ESERA Conference 2013, Nicosia, Cyprus.

Grucza, S. (2012). Fachsprachenlinguistik. Frankfurt am Main: Lang.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J ., Brunner, M.,, & Kunter, M. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. Journal für Mathematikdidaktik, 29(3/4), 223–258.

Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. [Language and Chemistry Learning]. Naturwissenschaften im Unterricht, 19(106/107), 94–97.

Özcan, N. (2013). Zum Einfluss der Fahsprache auf die Leistung im Fach Chemie: eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht. Berlin: Logos.

Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15(1), 111–143. doi: 10.1007/s11618-012-0259-y

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

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Education Publishing Group, 57(1), 1–23.

Sumfleth, E., & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4(2), 4–20.

Joachim S. Haupt
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Experimentierset für die Schule: Granulare Materie & Strukturbildung

Im Rahmen eines Projektes zur Aufbereitung moderner Physik wurden zwei spezielle Themenbereiche der Nichtlinearen Physik, ***Granulare Materie*** und ***Strukturbildung***, ausgewählt. Im Vorlauf der Entwicklungsarbeit wurde einerseits eine explorative Expertenbefragung (Fachwissenschaftler_innen) unter Beteiligung von 27 Expert_innen durchgeführt (Haupt & Nordmeier, 2012), die das Ziel hatte das Themenfeld fachlich aufzuklären. Andererseits wurde eine Bedarfsanalyse unter Lehrkräften durchgeführt und die Antworten von 108 Lehrer_innen ausgewertet (Haupt & Nordmeier, 2014). Auf Basis dieser Ergebnisse wurden weitere Entwicklungsschritte vorgenommen, die in eine didaktischen Rekonstruktion münden sollen (Kattmann et al., 1997), mit dem Ziel, ein Experimentierset für den Einsatz im Physikunterricht zu entwickeln. In diesem Beitrag wird ein Experiment aus dem Themenfeld *Granulare Materie* vorgestellt, der „Granulare Greifer".
In der Vergangenheit zeigte sich, dass es ein starkes Defizit zwischen Forschungsstand in der Fachdidaktik und Umsetzung der Erkenntnisse und Entwicklungen in der (schulischen) Lehre gibt (Prediger et al., 2013, S. 19ff). Da Wissenschaft aus sich selbst heraus den Auftrag hat, auch dafür Sorge zu tragen, dass Forschungsergebnisse veröffentlicht und vermittelt werden, wurde hier ein Entwicklungsansatz gewählt, der bereits zu Beginn der Entwicklungsarbeit die Zielgruppe mit einbezieht, um so auf ihre Bedürfnisse eingehen zu können: also die Lehrer_innen bzw. die Akteure, die im Schulalltag die Entscheidungen für den Ablauf des Unterrichts treffen und z. B. die entwickelten Experimente tatsächlich einsetzen werden.

Ein Element des Experimentiersets: der Granulare Greifer
Bei dem sog. Granularen Greifer handelt sich um einen einfachen Freihandversuch der auf dem Phänomen der Dilatanz beruht. Dilatanz beschreibt das Verhalten von Granularer Materie bei einer Formveränderung: Wenn die Form von Granularer Materie verändert wird, vergrößert sich das zugehörige Volumen. Wenn aber das Volumen begrenzt ist (z. B. durch eine Vakuumverpackung, d. h. eine luftdichte Verpackung, die unter Unterdruck gesetzt wird), dann widersteht die Granulare Materie eine Verformung (Reynolds, 1885, S. 470). Aus dem Alltag ist dieses Verhalten vom vakuumverpackten Kaffee bekannt. Flüssigkeiten lassen sich dagegen beliebig verformen, ohne Änderung des Volumens. Eine einfache Erklärung für die Dilatanz kann in einem zweidimensionalen Modell gegeben werden (Weber, 2006, S. 8ff). Dabei wird idealisiert die dichteste Kugelpackung (minimales Volumen) angenommen und sobald man diese durch Verformung verändert, vergrößern sich die Zwischenräume zwischen den Teilchen. Folglich vergrößert sich auch das Volumen, das durch die äußere Begrenzung des Granularen Mediums beschrieben wird.
Die Dilatanz erklärt auch die Wirkungsweise eines Granularen Greifers (s. Abb. 1). Zur experimentellen Realisierung eines solchen Greifers wird ein Luftballon mit einem Granulat befüllt und über eine zuvor präparierte Spritze[1] gestülpt. Im geschlossenen Zustand ist der Luftballon mit Granulat weich und verformbar. Wird die Spritze aufgezogen (wie in Abb. 1 abgebildet) und der Luftballon evakuiert, verhält sich das Granulat im Luftballon plötzlich anders: Es ‚verhärtet' sich und wir schwer verformbar. Die Ursache dafür ist die Dilatanz, die sozusagen gegen den Luftdruck arbeitet. Wird der Ballon zuvor um oder an ein Objekt gelegt, so wir das Objekt bei der Evakuierung des Ballons fest umschlossen und es lässt sich

[1] Die Spritze wurde vorne glatt geschnitten und es wurden weitere Löcher neben dem Nadelaufsatz gebohrt, so dass die Spritze an der Spitze ein Sieb bildet mit ungefähr sechs Löchern.

mit dem ‚Greifer' sogar anheben (Abb. 1). Der Granulare Greifer ist bereits Gegenstand von Fachpublikationen (Brown et al., 2010) und kann im Internet auch in Aktion angeschaut werden (TV, 2013).

Eigene Untersuchungen zum Granularen Greifer beschäftigten sich mit einer idealen Befüllung des Luftballons (Träger, 2014). Dabei wurden zwei Parameter, relative Kompression und die Korngröße, ausgiebig untersucht, mit dem Ergebnis, dass die Korngröße kein bestimmender Parameter für die Haltekraft ist (die Korngröße skaliert eher zufällig mit der Haltekraft, hier nicht dargestellt).

Die relative Kompression des Granulats hat allerdings einen Einfluss auf die Haltekraft (vgl. Abb. 2). Vereinfacht gesagt gilt: Eine stärkere Komprimierbarkeit des Granulats hat größere Haltekräfte zur Folge. Daher eignet sich z. B. Kaffeepulver sehr gut zur Befüllung unseres Granularen Greifers.

Dieser Befund hilft auch bei der Erklärung des Phänomens: Zu Beginn ist das Granulat locker und leicht beweglich und formt sich leicht an den aufzuhebenden Gegenstand an. Wenn nun der Luftballon evakuiert wird, verfestigt sich das Granulat durch den Luftdruck. Zudem hält die Ballonhülle die Körner

Abb. 1: Freihandversuch Granularer Greifer bestehend aus einem mit Granulat befüllten Luftballon und einer zuvor präparierten 20-ml-Einwegspritze

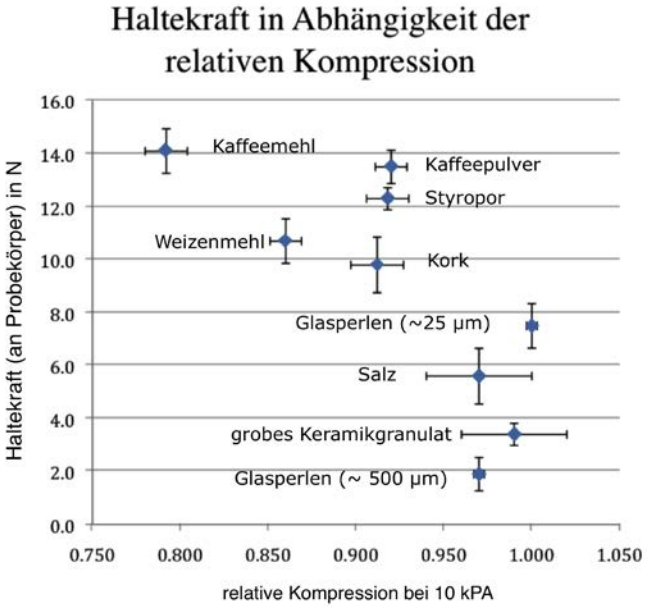


Abb. 2: Untersuchung zum ‚idealen' Granulat für größtmögliche Haltekraft; Dargestellt ist die Haltekraft eines Granularen Greifers, der mit verschiedenen Materialien befüllt wurde, in Abhängigkeit von der relativen Kompression (Volumen unter Belastung geteilt durch das Ausgangsvolumen bei Normaldruck).

an der Außenseite reibungsbedingt zusammen. Es bedarf also größerer Scherkräfte, um die Granulatkörner gegeneinander zu verschieben. So entwickelt der Ballon als Greifer eine bisweilen recht hohe Haltekraft. Ist das verwendete Granulat zusätzlich komprimierbar, sodass es bei der Evakuierung ‚schrumpft', ist offensichtlich, dass der Greifer stärker mit dem aufzuhebenden Gegenstand in Kontakt geht und auch die Anpresskraft sich erhöht. Das hat auch zur Folge, dass sogar konvexe Gegenstände ohne Einbuchtungen gehoben werden können (z. B. eine Kugel, die z. B. nur im oberen Drittel im Kontakt mit dem Greifer steht).

Alltagsbezug, Anwendungsszenarien und Ausblick

Der Granulare Greifer besticht als Experiment für den Physikunterricht durch folgende ideale Bedingungen: Es ist preiswert, ungefährlich und lässt sich mit Haushaltsgegenständen durchführen. Zudem erweist sich das Experiment für Schüler_innen als überraschend, wie sich in unseren ersten Erprobungen im Physikunterricht zeigte. Ebenso erscheint das Experiment haptisch interessant für die Schüler_innen. Es lässt sich als Freihandversuch durchführen und bedarf keiner komplizierten experimentellen Aufbauten. Der Granulare Greifer bietet den Schüler_innen einen Lerngegenstand aktueller physikalischer Forschung und lässt sich mit wenigen Vorkenntnissen bereits verstehen.

Er bietet verschiedene Alltagsbezüge und Anwendungsszenarien. Das zugrundeliegende Phänomen findet sich bei vakuumverpackten Gütern (z. B. Kaffee, Erdnüsse) wieder. Anwendungen sind zu sehen beim Einsatz durch Rettungsdienste (Vakuum-Matratzen werden zur Stabilisierung von Patienten benutzt), bei der Konstruktion eines Robotergreifers, der verschiedenste auch schwer zu greifende Objekte zerstörungsfrei ohne weitere Sensorik heben kann oder auch in der Architektur beim Bau von Brücken (Maus, 2013).

In der weiteren Erarbeitung und Entwicklung sollen im Projekt weitere Experimente aus dem Themenbereich entwickelt und in Schulen erprobt werden um somit eine praxisnahe fachdidaktische Entwicklungsforschung umzusetzen.

Literatur

Brown, E., Rodenberg, N., Amend, J., Mozeika, A.; Steltz, E.; Zakin, M. R.; Lipson, H. & Jaeger, H. M. (2010): Universal robotic gripper based on the jamming of granular material. In Proceedings of the National Academy of Sciences, 107 (44), 18809–18814. http://www.pnas.org/content/early/2010/10/18/1003250107 (12.11.2013)

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), 3–18. ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/1997/Heft3/S.3-18_Kattmann_Duit_Gropengiesser_Komorek_97_H3.pdf (10.12.2012)

Haupt, J. S. & Nordmeier, V. (2012): Granulare Materie und dissipative Strukturbildung bzw. Selbstorganisation: Kontexte, Theorien und Inhalte der Themen – Ergebnisse eine Expertenbefragung. In PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/download/415/553 (10.09.2014)

Haupt, J. S. & Nordmeier, V. (2014): Ergebnisse einer Bedarfsanalyse zur unterrichtlichen Aufbereitung der Nichtlinearen Physik. In PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Maus (2013): Vakuumbrücke – Filme – Sachgeschichten – Die Seite mit der Maus – WDR Fernsehen. http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/sachgeschichten/vakuumbruecke.php5 (06.10.2014).

Prediger, S., Komorek, M., Fischer, A., Hinz, R., Hußmann, S., Moschner, B., Ralle, B. & Thiele, J. (2013): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. In Komorek, M. & Prediger, S. (Hrsg.), Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann, 9–24.

Reynolds, O. (1885): LVII. On the dilatancy of media composed of rigid particles in contact. With experimental illustrations. In Philosophical Magazine Series 5, 20 (127), 469–481. https://getinfo.de/app/download? id=tandf%3adoi~10.1080%252F14786448508627791 (02.10.2014)

Träger, F. (2014): Realisierung und Analyse eines granularen Greifers. Bachelorarbeit, Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik.

TV, N. (2013): Robotic grippers based on granular jamming. https://www.youtube.com/watch?v=txMRGuHpUs8 (04.11.2013)

Weber, S. M. (2006): Granulare Materie I, Schüttgut in Ruhe - ein ungewöhnlicher Festkörper. http://www.physikdidaktik.uni-bayreuth.de/projekte/piko/GranulareMaterie1_WeberSM.pdf (21.12.2012).

Thomas Plotz Universität Wien, AECC Physik
Martin Hopf

Schülervorstellungen zu elektromagnetischer Strahlung

Einleitung

Schülervorstellungen und Lernprozesse zum Thema nicht-sichtbare Strahlung werden im Rahmen eines größeren Projekts untersucht. Im Zentrum der Forschung stehen SchülerInnen aus drei Gymnasien in Wien, die in ihrer vorwissenschaftlichen Arbeit[1] Schülervorstellungen erheben sollen. Die untersuchten SchülerInnen sind in der 11. Schulstufe und zwischen 17 und 18 Jahre alt. Sie werden über einen längeren Zeitraum in ihrer eigenen Forschungstätigkeit begleitet und beobachtet. Dabei entstehen Fallstudien der einzelnen SchülerInnen, die deren Lernprozesse und mögliche Konzeptwechsel (Duit, Treagust, & Widodo, 2008) dokumentieren.

Stand der Forschung

In vorhergehenden Arbeiten der Arbeitsgruppe konnten verschiedene Fehlkonzepte zu nicht-sichtbarer Strahlung identifiziert werden (Schulstufe 8/9) (vgl. Neumann & Hopf, 2012):

- Strahlung ist künstlich
- Licht ist verschieden zu Strahlung
- Elektrische Geräte sind Strahlungsquellen
- Strahlung ist Ursache für Umweltschäden
- Strahlung ist gleich strahlende Partikel

Darüber hinaus existieren kaum Ergebnisse für den nicht sichtbaren Teil des elektromagnetischen Spektrums. Eine Ausnahme bildet der Bereich der Gammastrahlung. Dieser Bereich wurde im Rahmen von Untersuchungen zur radioaktiven Strahlung mit untersucht (Boyes & Stanisstreet, 1994 oder Lijnse, Eijkelhof, Klaassen & Scholte, 1990), jedoch nicht explizit beforscht.
Die bisher identifizierten Konzepte beziehen sich sehr stark auf SchülerInnen der Sekundarstufe I, was eine Untersuchung älterer SchülerInnen nahelegt.

Methodischer Ansatz

Das Projekt ist als Fallstudie von drei Schülerinnen und fünf Schülern der 11. bzw. 12. Schulstufe konzipiert. Diese SchülerInnen verfassen alle eine Arbeit (40000-60000 Zeichen) zu einem strahlungsrelevanten Thema (z. B.: *Vorstellungen von LehrerInnen und SchülerInnen einer 3. und 7. Klasse des BRG 1 zu UV- und Mikrowellenstrahlung*).
Diese SchülerInnen werden über mehr als ein Jahr hinweg begleitet. Dabei werden halbstrukturierte Interviews zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Gruppendiskussionen mit den SchülerInnen geführt. Daraus ergeben sich verschiedene schriftliche und bildliche Artefakte, die in der Analyse berücksichtigt werden.
Zusätzlich forschen die SchülerInnen selbst und dokumentieren dies in oben erwähnter Arbeit. Die von den SchülerInnen erhobenen Daten werden in die Analyse miteinbezogen.

[1] Ab dem Schuljahr 2014/15 wird an Gymnasien erstmalig die neue standardisierte und kompetenzorientierte Reifeprüfung (Abitur) durchgeführt. Eine der wesentlichen Neuerungen im Bereich der Reifeprüfung ist die *Vorwissenschaftliche Arbeit* (VWA) für alle SchülerInnen. Die Bezeichnung *vorwissenschaftlich* wurde vom Gesetzgeber bewusst gewählt, um das intendierte Niveau und die Zielsetzung dieser Arbeit zu verdeutlichen. Es geht vorwiegend darum, SchülerInnen den Einstieg in das wissenschaftliche Arbeiten anhand eines kleinen Forschungsprojekts zu ermöglichen und diesen Prozess in der vorwissenschaftlichen Arbeit zu dokumentieren.

Die Analyse selbst erfolgt mittels Grounded Theory, wobei alle Artefakte zu integrieren sind. Die Methode der Grounded Theory erlaubt es, ausgehend von den Daten Kategorien zu bilden, die sich im Optimalfall auch zu einer Theorie, einem Modell verdichten. Erstes Ziel ist es dabei, aus den Daten tragfähige, gut beschriebene und ausdifferenzierte Kategorien zu entwickeln.

Ergebnisse

Bisherige Analysen lassen auf einige interessante Punkte schließen:
SchülerInnen differenzieren die Gefahr von Strahlung deutlicher als bisher angenommen. Sie erkennen sowohl positive als auch negative Auswirkungen von Strahlung. Im nachstehenden Zitat weist der Schüler darauf hin, dass er bei Strahlung an Gefahr denkt. Strahlungen wie WLAN oder ähnliche werden als „normal" und nicht gefährlich eingestuft.

> *„…es ist normal WLAN, weils einfach, es ist da, genauso wie eine Handystrahlung oder Strahlung vom Radio. Strahlung ist für mich halt eben diese gefährlichen Strahlungen, wo man weiß, dass sie dem Körper schaden können."*

Interessant dabei ist, dass die Interviewten dem menschlichen Körper eine Resistenz gegenüber beispielsweise Röntgenstrahlung zuschreiben. Wird jedoch ein „Schwellenwert" an Bestrahlung überschritten, so erkrankt der Patient.

> *„ … wenn man jetzt theoretisch jeden Tag röntgen geht, dass es sicher, glaub ich, in zwei Monaten Auswirkungen hat."*

Die Vorstellung, dass Strahlung künstlich ist, lässt sich nur eingeschränkt bestätigen. Die Interviewten kommen schnell in den Konflikt, was künstlich bedeutet bzw. dass ja alles natürlich sein muss. Dieser Konflikt konnte in der Interviewsituation auch nicht aufgelöst werden.

> *„ … also künstlich können alle hergestellt werden, aber natürlich vorkommen werden sie wahrscheinlich auch…"*

Elektromagnetische Strahlung wird nicht als omnipräsent erlebt. SchülerInnen identifizieren den „Wandler" oft als Quelle der elektromagnetischen Strahlung. Diese verschwindet, wenn der Wandler abgeschaltet wird. Als Wandler fungieren dabei z. B. das Radio oder der WLAN-Empfänger beim Mobiltelefon (siehe Abb. 1).

> *„…also WLAN ist bei uns an, wenn ich mit dem Handy ins Internet gehe."*

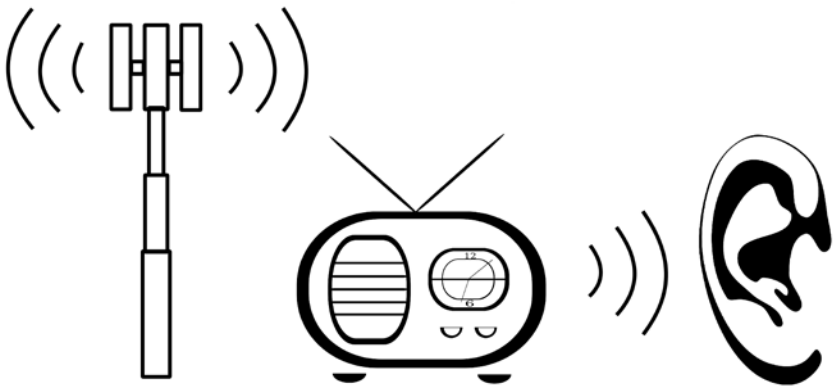


Abb. 1

Die SchülerInnen wurden im Interview gebeten, die von ihnen genannten Begriffe in eine für sie logische Ordnung zu bringen. Dabei gab es keine Einschränkung des Interviewers, wie diese Ordnung aussehen soll.
Die Ergebnisse variieren sehr stark, geben jedoch einen Einblick in die Denkstruktur der SchülerInnen. So sieht man in Abbildung 2 eine klare Struktur, die sich anhand des elektromagnetischen Spektrums orientiert. Auch in Abbildung 3 ist eine Struktur erkennbar, die sich jedoch nicht mit einer fachsystematischen Ordnung deckt. In der Analyse lassen sich Zusammenhänge zwischen der Strukturiertheit der Mindmaps und dem fachlich richtigen Wissen der SchülerInnen erkennen. Dieser Zusammenhang sollte im Abschlussinterview noch klarer zu sehen sein. Es wird auch angenommen, dass die Mindmaps sich in der Struktur der fachsystematischen Ordnung annähern.

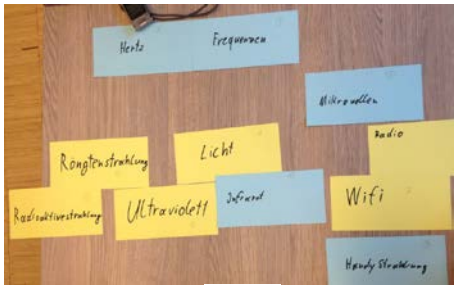


Abb. 2

Abb. 3

Ausblick
Die im Oktober durchgeführte Unterrichtsintervention mittels Cross-Age-Peer-Tutoring sollte einen deutlichen Zuwachs im fachlichen Wissen bewirken. Zusammen mit der VWA sollten die untersuchten SchülerInnen aber auch einen Lernzuwachs bezüglich der Vorstellungen anderer SchülerInnen bekommen. Die Auswirkungen der Konfrontation der SchülerInnen mit Vorstellungen Anderer ist momentan noch nicht absehbar und kann sich sowohl verstärkend oder mindernd auf die eigenen Vorstellungen auswirken.

Literatur

Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1994). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science & Technological Education, 12(2), 145–160.

Duit, R., Treagust, D. F., & Widodo, A. (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. International handbook of research on conceptual change, 629–646.

Lijnse, P. L., Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M., & Scholte, R. L. J. (1990). Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. International Journal of Science Education, 12(1), 67–78.

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.

Sarah Aretz[1,2]
Sascha Schmeling[1]
Andreas Borowski[2]

[1]CERN
[2]Universität Potsdam

Internationale Voraussetzungen zum Urknall

Motivation

Der Urknall markiert den Beginn von Raum und Zeit und allem, was wir kennen. Er ist die „Geburt“ unseres heutigen bekannten Universums und hat damit unser modernes Weltbild geprägt. Gerade diese Vermittlung eines modernen Weltbilds ist ein häufig genannter Wunsch in der Physikdidaktik (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004a). Im Auftrag der Kultusministerkonferenz haben Schecker, Fischer und Wiesner Empfehlungen für die Gestaltung des Physikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe gegeben. Diese Empfehlungen beinhalten die Entwicklung eines vertieften Verständnisses des modernen Weltbilds inklusive der Astrophysik und Kosmologie (u. a.) als inhaltlicher Kern physikalischer Bildung in der gymnasialen Oberstufe. Die Kosmologie ist für die moderne Physik sehr wichtig aber es besteht noch Handlungsbedarf: „Curriculumbezogene Forschungs- und Entwicklungsbedarfe bestehen besonders hinsichtlich [...] der Behandlung bestimmter Gebiete der modernen Physik (z. B. Kosmologie) [...].“ Schecker, Fischer & Wiesner (2004b) weisen darauf hin, dass „Fragen, insbesondere aus der Kosmologie nach Ursprung und Ende des Universums, [...] trotz ihrer wissenschaftlichen Aktualität im öffentlichen Bewusstsein noch wenig präsent [sind]“, aber gleichzeitig die „Frage nach dem Aufbau der Welt im Großen und der Stellung des Menschen im Kosmos [...] bis heute eine der großen und faszinierenden Fragen ist“. Auch die Betrachtung der Vergabe von Nobelpreisen in der Physik belegt die Bedeutung der Kosmologie. 1978 wurde der Physik-Nobelpreis an Arno Penzias und Robert Wilson für die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung (einer der Belege der Urknalltheorie) vergeben sowie 2006 an John Mather und George Smoot für die Untersuchung dieser. Im Jahr 2011 erhielten Saul Perlmutter, Brian Schmidt und Adam Riess den Nobelpreis für die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums. Hinzu kommt, dass das Interesse von Jugendlichen im Bereich der Astrophysik und Kosmologie überdurchschnittlich hoch ist (Schreiner & Sjøberg, 2004). Ein Ergebnis der ROSE-Studie (The Relevance of Science Education) ist ein auffallend hohes Interesse an Astrophysik und Universum, das sowohl länder- als auch geschlechterübergreifend ist. Die obigen Punkte zeigen somit die Relevanz des Themas „Kosmologie“ in der gymnasialen Oberstufe.

Standort CERN

Im Bereich der Wissenschaftskommunikation am CERN (Educational Outreach) soll eine Lernsequenz im Bereich der Kosmologie entwickelt werden, welche, wenn möglich, für verschiedene Mitgliedsstaaten kompatibel sein soll. Grundlage jeder Lernsequenz sind die Schülervoraussetzungen. Aus diesem Grund sollen die Schülervoraussetzungen und häufige Fehlvorstellungen in verschiedenen Ländern erhoben und als Grundlage für eine Lerneinheit verwendet werden. Der Standort CERN bietet sich dafür in besonderem Maße aufgrund der Kontakte zu vielen Ländern weltweit an. Hier kann sowohl ein effizienter Austausch mit Physikern als auch mit Besuchern aus aller Welt – insbesondere Schulklassen – stattfinden.

Auswahl innerhalb der Kosmologie

Die Kosmologie beschreibt den Ursprung, die Entwicklung und die Struktur des Universums als Ganzes und verbindet die beobachtende Astronomie mit der Teilchenphysik. Ausgehend von der Urknalltheorie kann die momentane Physik die zu Beginn stattfindenden Prozesse

ab einer Zeit von etwa 10^{-44} s nach dem Urknall beschreiben (sogenannte Planck-Zeit). Für die Zeit davor gibt es bisher keine konsistente Theorie der Quantengravitation, welche die Quantenphysik und die allgemeine Relativitätstheorie vereinigen soll. Die Mathematik kann die zu Beginn vorhandene Singularität nicht beschreiben, da die Krümmung der Raumzeit dort unendlich wird. Zusammenfassend beinhaltet die Kosmologie die Phase des Urknalls, die Grundpfeiler der Urknalltheorie (Expansion des Universums, Nukleosynthese und kosmische Hintergrundstrahlung), die Strukturbildung im Universum und die Beobachtung der großräumigen Strukturen, wobei auch Dunkle Materie und Energie, Quasare und Gravitationslinseneffekt eine Rolle spielen sowie die Zukunft des Universums. Das gesamte Themengebiet ist bei Weitem zu umfangreich für eine Lerneinheit, sodass eine Beschränkung auf einen Teilbereich nötig ist. Da die Kosmologie eine Art Geschichte des Universums darstellt, ist es sinnvoll, am Beginn von allem anzufangen. Für einige Aspekte wie zum Beispiel die Entwicklung der heute vorhandenen großräumigen Strukturen ist ein Verständnis der zu Beginn vorliegenden physikalischen Bedingungen notwendig. Darüber hinaus tauchen der Urknall und die Grundpfeiler als häufigste genannte Punkte im Bereich der Kosmologie in deutschen Lehrplänen auf. Das „Urknallmodell“ wird im Kerncurriculum Physik (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004a, S. 194) auch explizit unter dem Punkt „Grundlagen des modernen physikalischen Weltbilds“ aufgeführt. Aus diesen Gründen fokussiert die Studie auf die Themen „Urknall“ und „Urknalltheorie“.

Aktueller Forschungsstand zu Schülervoraussetzungen zum Thema „Urknall“

Studien zu diesem Thema gibt es momentan aus Deutschland, Schweden und den USA. Schülervorstellungen zum Urknall sind in „Deutschland bisher noch weitgehend unerforscht“ (Kahnt & Thesing, 2010). Die Studie untersucht Assoziationen zum Urknall, Vorstellungen zum Alter und einem Zentrum des Universums. Etwa ein Drittel assoziiert den Urknall mit einer Explosion, über 20 % glauben, es existierte bereits etwas vor dem Urknall, und der Urknall wird eher mit der Entstehung der Erde als mit der Entstehung des Universums verbunden. In der Studie aus Schweden (Hansson & Redfors, 2006) werden Schüler und Schülerinnen im letzten Jahr der „upper-secondary school“, vergleichbar mit Schülern kurz vor dem Abitur (18 bis 19 Jahre alt), befragt. Ergebnisse sind die Assoziation des Urknalls mit einer Explosion bzw. mit einem das ganze Universum betreffenden Ereignis, dem Glauben der Existenz von Materie vor dem Urknall sowie der schon immer vorhandenen Existenz des Universums. Jedoch bezieht sich diese Studie auf eine spezielle Schülergruppe besonders naturwissenschaftlich interessierter Schüler und beinhaltet wenig bzw. unklare Statistiken. Des Weiteren wird in beiden Studien der Aspekt „Belege der Urknalltheorie“ nicht untersucht. In den USA gibt es im Bereich der Kosmologie eine Studie aus dem Jahr 2003 (Prather, Slater & Offerdahl, 2002) sowie aktuelle Studien aus den Jahren 2012 (Wallace, Prather & Duncan, 2012; Bailey et al., 2012) und 2013 (Trouille et al., 2013). Die neueren Studien beziehen sich ausschließlich auf Studenten. Die Studien weisen verschiedene Vorstellungen auf, beispielsweise die Assoziation des Urknalls als Explosion, der Urknall als Entstehung von Sternen, Galaxien usw. oder die Vorstellung, dass keine Belege für die Urknalltheorie existieren. Die Fragen bzw. Statistiken variieren innerhalb der Studien.

Forschungsfragen

Mögliche Ursachen für die teilweise unterschiedlichen Ergebnisse bzw. Statistiken kann zum einen die Verwendung unterschiedlicher Instrumente und Stichproben sein. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass die unterschiedlichen Vorstellungen länderspezifisch sind. Daraus ergeben sich die Forschungsfragen:

- Welche Schülervoraussetzungen sind international im Bereich des Urknalls vorhanden?
- Inwieweit unterscheiden sich die Schülervorstellungen im Bereich des Urknalls zwischen verschiedenen Ländern?

Design

Als Grundlage der Studie dienen die bereits entwickelten und getesteten offenen Fragen der aktuellen Studie aus den USA (Trouille, 2013). Diese offenen Fragen sollen zunächst ins Deutsche übersetzt und in einer ersten Erhebung an deutschsprachigen Schulen eingesetzt werden. Die Übersetzung soll mithilfe eines Muttersprachlers (Native Speaker) in beiden Sprachen (Deutsch und Englisch) erfolgen. Es werden zunächst die Antworten mehrerer Schüler pro Schulklasse analysiert bis eine Sättigung eintritt. Anhand der Ergebnisse soll ein geschlossenes Testinstrument entwickelt werden. Über die Schülerantworten sollen die Distraktoren gefunden werden mit fünf Fragen pro Skala. Das geschlossene Testinstrument wird zunächst mit deutschsprachigen Schülern getestet und anschließend in mehrere Sprachen übersetzt werden. Dabei soll Englisch der zentrale Ausgangspunkt bei der Übersetzung sein. Ausgehend davon soll die Übersetzung in weitere Sprachen anhand verschiedener Native Speaker durchgeführt werden. Eine Rückübersetzung ins Englische soll dabei zeigen, ob die Formulierungen den gewünschten Inhalt vermitteln. Darauf aufbauend sollen die geschlossenen Fragen bei Schüler und Schülerinnen mehrerer Länder zum Einsatz kommen. Die Evaluation soll zum einen die Schülervoraussetzungen aufzeigen sowie einen Vergleich der Wissensvoraussetzungen und Fehlvorstellungen im Bereich des Urknalls und seinen Belegen zwischen den verschiedenen Ländern ermöglichen.

Literatur

Bailey, J.M. et al. (2012). A Multi-Institutional Investigation of Students' Preinstructional Ideas About Cosmology. Astronomy Education Review, 11

Hansson, L. & Redfors, A. (2006). Swedish Upper Secondary Students' Views of the Origin and Development of the Universe. Reserach in Science Education, 36, 355-379

Kahnt, M. & Thesing, A. (2010). Schülervorstellungen zur Kosmologie. In Höttecke, D. (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. 263-265

Prather, E.E., Slater, T.F. & Offerdahl, E.G. (2002). Hints of a Fundamental Misconception in Cosmology. Astronomy Education Review, 1, 28-34

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004a). Kerncurriculum Physik. In: A. Pitton (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung (S. 126-128). Münster: LIT-Verlag.

Schecker, H., Fischer, H.E. & Wiesner, H. (2004b). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In Tenorth, H.-E. (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II.

Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). The Relevance of Science Education. Sowing the Seeds of ROSE. Oslo: Acta Didactica

Trouille, L.E. Et al. (2013). Investigating Student Ideas About Cosmology III: Big Bang Theory, Expansion, Age, and History of the Universe. Astronomy Education Review, 12

Wallace, C.S., Prather, E.E. & Douglas, K.D. (2012). A Study of General Education Astronomy Students' Understandings of Cosmology. Part IV. Common Difficulties Students Experience with Cosmology. Astronomy Education Review, 11

Jens Wilbers Pädagogische Hochschule Freiburg
Silke Mikelskis-Seifert

Forschungsbasierte Entwicklung des Freiburger Einsteinlabors Lernerperspektiven zu Raum und Zeit in der Relativitätstheorie

Einleitung

Im November 1915, zehn Jahre nach der Veröffentlichung der Speziellen Relativitätstheorie (SRT), trug Albert Einstein vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften die Kernideen der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) vor. Seither finden sie vielfältig Bestätigung in diversen Forschungsfeldern der Kosmologie (Gravitationswellen, Gravitationslinsen) und wirken über Entwicklungen in der modernen Technologie, wie z. B. die GPS-Navigation, in Bereiche unserer Lebenswelt hinein. Rund 100 Jahr nach ihrer Formulierung sind es nicht zuletzt die oft ungewöhnlichen und nicht selten kontraintuitiven Aussagen der Relativitätstheorie, die eine besondere Anziehungskraft auf ein breites Publikum ausüben. In Kooperation mit Vertretern der theoretischen Astrophysik der Universität Tübingen entsteht seit 2013 an der Pädagogischen Hochschule Freiburg ein Einsteinlabor, das schwerpunktmäßig aber nicht ausschließlich astrophysikalischen Effekten der Relativitätstheorie gewidmet ist. Grundlegende Konzepte der SRT und ART sollen Sekundarstufenschülern und einer interessierten Öffentlichkeit näher gebracht werden. Zurzeit entstehen Lernmaterialien und Exponate (Analogexperimente, interaktive Simulation etc.) im Rahmen von Staatsexamensarbeiten. Erste empirische Studien zum Lernen von Grundideen der SRT wurden ebenfalls auf dem Hintergrund von Examina durchgeführt. Ein Drittmittelantrag, der auf eine systematische Untersuchung von Lernprozessen zu ausgewählten Phänomenen der Relativitätstheorie zielt, ist in Vorbereitung.

Ausgangslage

In der einschlägigen Literatur findet sich eine ganze Reihe von Ansätzen zur didaktischen Strukturierung von Grundideen der Relativitätstheorie, die ohne einen sophistizierenden mathematischen Formalismus auskommen. Der wohl prominenteste und älteste seiner Art basiert auf der Visualisierung relativistischer Effekte durch Umskalierung der Lichtgeschwindigkeit auf typische Alltagsgeschwindigkeiten z. B. eines Radfahrers (Gamov, 1940). Moderne Fortführungen dieses Ansatzes berücksichtigen über die messbaren Änderungen von Länge und Zeit hinaus auch Lichtlaufzeiteffekte, die dem relativistisch bewegten Radfahrer völlig andere Sinneseindrücke bescheren als von Gamov angenommen (Nollert & Ruder, 2005). Im Zusammenhang mit der ART wird auch ein geometrischer Ansatz verfolgt (Kraus & Zahn, 2005). Zentrale Konzepte sind hier das Prinzip der Raumzeit-Krümmung durch massive Körper sowie der Geodäten-Begriff. Grundlage sind Analogien zu gekrümmten Flächen, die in den dreidimensionalen Konfigurationsraum eingebettet sind. Ein weiterer Ansatz versucht, typische Verständnisprobleme, die der geometrische Zugang mit sich bringt (Reduktion der Raumzeitkrümmung auf zwei Raumdimensionen, Begriff der intrinsischen Krümmung in Abgrenzung zur äußeren Krümmung) zu umgehen, indem er auf den Begriff der Krümmung völlig verzichtet. Im Zentrum steht das Prinzip, dass Gravitation eine Veränderung von Entfernungen in Raum und Zeit bewirkt. Bewegungen vollziehen sich nach einem Extremalprinzip. Mögliche Vorteile werden hier mit einer sehr formalen Argumentation erkauft. Allen drei Ansätzen gemeinsam ist ihre im Kern rein fachimmanente Grundlegung. Insbesondere sind sie bislang empirisch-fachdidaktisch weder motiviert (z. B. über Lernerperspektiven) noch evaluiert. Lernerperspektiven im Bereich der Relativitätstheorie werden dabei seit über 30 Jahren beforscht (z. B. Hewson, 1982). Die Studien nehmen dabei überwiegend Bezug auf Lernprozesse Physikstudierender

im Zusammenhang mit der SRT. Die ART ist bislang empirisch-fachdidaktisch „Terra Incognita“.

Ziele des Vorhabens

In seiner Entwicklungskomponente hat das Projekt drei Schwerpunkte: das Äquivalenzprinzip als zentrales Fundamentalprinzip, das geometrische Paradigma der ART sowie die Phänomenologie relativistischer Effekte in Bezug auf astronomische Objekte wie zum Beispiel Schwarze Löcher oder Neutronensterne. Exponate zur SRT haben bei der Entwicklung des Schülerlabors vorwiegend instrumentellen Charakter bezogen auf das Lernen von Grundideen der ART, auch wenn sie in der bisherigen Entwicklungsarbeit einen der Akzente bilden.

Ziele und Inhalte einer lernwirksamen Lernumgebung sind freilich nicht rein fachimmanent gegeben. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Freiburger Einsteinlabors nehmen Bezug auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997). Das Forschungsinteresse richtet sich in besonderem Maße auf Fragen zur Lernwirksamkeit unterschiedlicher didaktischer Strukturierungen und Lernerperspektiven:

- Inwieweit können anschlussfähige Vorstellungen zu Phänomenen der ART ohne SRT vermittelt werden?
- Welche grundlegende didaktische Strukturierung (Raumkrümmung und Geodäten versus Abstandsbetrachtungen) ist dabei besonders lernförderlich?
- In welchem Maße ist ein mathematischer Formalismus unumgänglich?
- Welche Vor- und Nachteile bieten die unterschiedlichen Ansätze?
- Welche Schülervorstellungen zu relativistischen aber auch zu „klassischen“ Konzepten sind in diesem Kontext bedeutsam für den Lernprozess?
- Inwieweit wird eine Lernumgebung zur ART, die die SRT ausblendet, den Erwartungen der Lernenden und ihrer Lehrkräfte gerecht?

Die Forschungsfragen werden im Rahmen von Laborstudien in teilstrukturierten Interviews und in einer Variante des Teaching-Experiment-Designs nach Steffe und Thomson (2000) angegangen. Erste Untersuchungsergebnisse zu Lernervorstellungen liegen aus einer Pilotstudie vor, die im Rahmen einer Staatsexamensarbeit durchgeführt wurde. Auf ausgewählte Ergebnisse wird im Folgenden eingegangen.

Ergebnisse einer Lernprozessstudie

Die Studie wurde an der Pädagogischen Hochschule Freiburg mit 15 Teilnehmern eines Seminars zur modernen Physik im Wintersemester 2013/14 durchgeführt. Die erhobenen Daten wurden in einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2003) ausgewertet.

Inhaltlich fokussierte das Interview auf die SRT. Die Lernsequenzen basieren auf den zum Erhebungszeitpunkt bereits entwickelten Exponaten. Kernelement war ein relativistischer Flug durch die PH-Freiburg. Die Simulation basiert auf der bereits erwähnten Umskalierung der Lichtgeschwindigkeit auf Alltagsgeschwindigkeiten. Das Programm erlaubt eine freie Navigation durch eine virtuelle Welt nahe der Lichtgeschwindigkeit. Das Interview repliziert in Teilen Ergebnisse anderer Studien.

Die Lorentz-Transformationen geben die Zeit- und Ortskoordinaten von Ereignissen an, wie sie aus unterschiedlichen Inertialsystemen heraus beobachtet werden. Die Beobachtung einer Längenkontraktion des bewegten Maßstabes ist dabei im Sinne einer objektiven Messung zu verstehen, wird von den Lernenden aber im Regelfall als optische Täuschung interpretiert (s. a. Hewson, 1982). Länge wird als objektive Eigenschaft eines Körpers gesehen, unabhängig davon, ob oder wie sie gemessen wird (wahrgenommene vs. tatsächliche Länge). Demgegenüber scheint das Konzept von der Relativität der Gleichzeitigkeit erstaunlicher-

weise auf den ersten Blick vergleichsweise leicht zugänglich zu sein. Tatsächlich wird die Relativität der Gleichzeitigkeit tendenziell als reiner Lichtlaufzeiteffekt verstanden, wie bereits Scherr et al. (2001) gezeigt haben. Ein ursächlicher Zusammenhang mit Fehlvorstellungen zum Konzept des Bezugssystems, das tendenziell von den Interviewpartnern als Punkt im Konfigurationsraum verstanden wurde, scheint naheliegend. Ein Bezugssystemwechsel ist demnach ein Wechsel zwischen Orten und nicht zwischen unterschiedlich bewegten Koordinatensystemen. Der Zeitpunkt eines Ereignisses bezeichnet die Zeit, zu der das Signal den Beobachter erreicht. Verschiedentlich wird in den Interviews deutlich, dass oberflächlich betrachtet, außerhalb der Relativitätstheorie angesiedelte Schülervorstellungen erheblich Einfluss auf Lernprozesse in diesem Bereich haben können. Ein Beispiel sind typische Verständnisprobleme in Bezug auf den physikalischen Kraftbegriff. Auf ihrem Hintergrund wird typischerweise zwischen einer scheinbaren und einer realen Bewegung unterschieden. Nur letztere wird durch eine Art Impetus aufrecht erhalten (s. a. Saltiel & Malgrange, 1980). Dies begünstigt die Vorstellung von einer absoluten Bewegung und einem ausgezeichneten Bezugssystem. Vorzugsweise ist das in der Vorstellung der Lerner das Ruhesystem der Erde.

Fazit und Ausblick

Das Freiburger Einsteinlabor greift in Teilen auf Exponate der Tübinger Kooperationspartner zurück (z. B. Gravitationswellenstuhl, Einsteinfahrrad). Weitere interaktive Exponate, Simulationen und Lerneinheiten wurden und werden weiterhin im Themenfeld Kosmologie und ART konzipiert, wie z. B. eine Lerneinheit zur Raumzeit-Krümmung, eine Simulation zum Shapiro-Delay oder Simulationsversuche zur gravitativen Rotverschiebung und zur Zeitdilatation. Eine erste Lernprozessstudie bestätigt einerseits bereits in der Literatur beschriebene Vorstellungen und führt andererseits zu neuen Einsichten in Lernverläufe. Vor allem aber zeigt sie Blickrichtungen für Lernprozesserhebungen in diesem Inhaltsbereich auf und bestätigt ein aufgabenbasiertes Teaching-Experiment-Design als geeignete Methode zur Untersuchung von Lernverläufen. Vertiefende Studien werden im Rahmen eines Promotionsvorhabens folgen. Die Entwicklungsarbeiten im Projekt finden mit einer einwöchigen Ausstellung zum Thema „Raum, Zeit, Kosmos“ aus Anlass des 100jährigen Jubiläums der ART im Juni 2015 im Freiburger Seepark ihren vorläufigen Abschluss und Höhepunkt.

Literatur

Gamov, G. (1940). Mr. Tompkins in Wonderland. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Hewson, P. (1982). A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning. European Journal of Science Education 4(1), 61-78.

Kattmann, U. et al. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. ZfDN 3(3), 3-18.

Kraus, U. & Zahn, C. (2005). Wir basteln ein Schwarzes Loch – Unterrichtsmaterialien zur Allgemeinen Relativitätstheorie. PdN Physik, 38-43.

Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Nollert, H.-P. & Ruder, H. (2005). Die relativistische Welt in Bildern – Was Einstein gerne gesehen hätte. Spektrum der Wissenschaft Spezial.

Saltiel, E. & Malgrange, J.L. (1980). Spontaneous Ways of Reasoning in Elementary Kinematics. American Journal of Physics 1, 73-80.

Scherr, R. et al. (2001). Student Understanding of Time in Special Relativity: Simultaneity and Reference Frames. American Journal of Physics 69(7), 24-35.

Steffe, L.P. & Thomson, P.W. (2000). Teaching Experiment Methodology: Underlying Principles and Essential elements. In R. Lesh & A.E. Kelly (Eds.), Research Design in Mathematics and Science Education (pp.267-307). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Mathias Trauschke Leibniz Universität Hannover
Harald Gropengießer

Exergie – nutzbare Energie für Lebewesen
Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen

Der Energiefluss in Ökosystemen ermöglicht Leben auf der Erde. Aus produktionsbiologischer Sicht wird Solarenergie für die Primärproduktion genutzt und auf verschiedenen Trophieebenen verwertet – und entwertet. Die über Licht zugeführte Energie verlässt Ökosysteme hauptsächlich als Wärme.

Fachlich bedeutsam ist eine energetische Betrachtung von Ökosystemen u. a. deshalb, weil sie Erklärungen über die limitierte Anzahl von Trophiestufen innerhalb von Nahrungsnetzen ermöglicht. Gesellschaftlich relevant sind energiebezogene Überlegungen, welche die globale Ernährungssituation betreffen: Eine vegetarisch orientiertere Ernährung könnte der Unterernährung – gerade mit Blick auf die globale Bevölkerungszunahme – entgegenwirken (Cassidy et al., 2012), weil breitere Energieflüsse für humane Lebensprozesse nutzbar würden.

Energie gilt fächerübergreifend als schwierig zu lernen und lehren (u. a. Quinn, 2014; Dauer et al., 2014). Ziel des Forschungsprojektes im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007; Gropengießer & Kattmann, 2009) ist die Entwicklung von Lernangeboten, mit denen Energie in Ökosystemen und somit auch energetische Aspekte der Welternährung fachlich angemessen verstanden werden können. Mit *Fachlicher Klärung* wird Energie daher zunächst für den ökologischen Kontext elementarisiert. Bisher wurden im Rahmen der Fachlichen Klärung drei akademische Lehrbuchtexte über Energie in Ökosystemen analysiert, um einen Zugang zu wissenschaftlichen Vorstellungen zu schaffen. Die Auswertung der Fachtexte erfolgte mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Gropengießer, 2008) und der Systematischen Metaphernanalyse (Schmitt, 2005).

Vor dem Hintergrund der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (Lakoff & Johnson, 1980; Gropengießer, 2007) wird deutlich, dass Wissenschaftler Energie oft metaphorisch verstehen. Vielfach wird Energie als substanzieller Bestandteil von Nahrung bzw. Biomasse verstanden, der innerhalb von Nahrungsketten weitergereicht und verbraucht werden kann (Odum 1999; Smith & Smith, 2009). Zudem stellen sich Wissenschaftler Energieübertragungen häufig als Fluss vor, Energie wird dabei als quasi-materielle Entität (vgl. Millar, 2005) begriffen. Es finden sich zudem Darstellungen, nach denen Energie durch Umwandlungen verschiedene Formen einnehmen kann. Die Idee der Umwandlung geht oftmals einher mit einer Vermischung stofflicher und energetischer Betrachtungsebenen. So stellen sich Wissenschaftler u. a. vor, dass Licht in Nahrung oder chemische Energie in Bewegung umgewandelt werden können (Odum 1999; Smith & Smith, 2009).

Physikdidaktische Studien haben offengelegt, dass auch Lernende Energie metaphorisch (Lancor, 2012) und zudem fachlich wenig angemessen verstehen (Watts, 1983; Gayford, 1986; Millar, 2005). Biologiedidaktische Untersuchungen zeigen, dass Lernende von sich aus nicht oder nur vage auf eine energetische Ebene rekurrieren, um ökologische Phänomene zu erläutern (Barman et al., 1995). Nach Schäfer (1983) assoziieren Schülerinnen und Schüler mit Energie häufig Attribute wie Mut, Tatkraft, mentale Stärke, Aktivität oder Bewegung. Burger & Gebhardt (2003) zeigen auf, dass Energie oftmals als Substanz begriffen wird, die von Lebewesen aufgenommen, depotartig gespeichert und für das Initiieren von körperlichen Vorgänge oder Wohlbefinden/Gesundheit verbraucht werden kann.

Für biologische Kontexte wird ein Energiebegriff benötigt, der über die Definition der mechanischen Arbeitsfähigkeit hinausgeht. Dabei ist es weniger bedeutsam, den ontologischen Status von Energie zu bezeichnen, als vielmehr den Fokus auf die Auswirkungen von Energie zu richten (Serway et al., 2006). Denn: Biologische Sachverhalte (globale Ernährung, begrenzte Anzahl von Trophiestufen in Nahrungsketten) lassen sich oftmals erst auf energe-

tischer Ebene erklären (vgl. Hewitt, 2001). Energieübertragungen innerhalb oder zwischen Organismen ermöglichen Leben (zelluläre Arbeit in Lebewesen). Energie lässt sich im biologischen Kontext qualitativ als Ausdruck des Vermögens begreifen, Lebensprozesse in Organismen zu initiieren. Der quantitative Aspekt dieser Größe gibt dabei Auskunft über den möglichen Umfang von Lebensprozessen (z. B. auf den jeweiligen Trophieebenen in Ökosystemen).
Eine energetisch orientierte Betrachtung biologischer Phänomene soll Erklärungsmöglichkeiten eröffnen. Dabei sind die ersten beiden Hauptsätze der Thermodynamik zu berücksichtigen, denen insbesondere die Vorstellung vom Energieverbrauch lernhinderlich gegenübersteht. Neben der Idee der Energieerhaltung ist vor allem der zweite Hauptsatz für die Betrachtung von Lebensvorgängen (spontan ablaufende, irreversible Prozesse) relevant: Lebensprozesse verursachen Wärme. Bei allen Energieübertragungen innerhalb von oder zwischen Organismen sinkt das Vermögen zum Initiieren von Lebensprozessen (Stoffwechsel in Zellen), während äquivalent Wärme auftritt (Energiedissipation). Dabei wird offenkundig, dass Energieübertragungen in der Biologie im Fokus von Nützlichkeit für Organismen bedeutsam sind.
Nach Fleischer (2008) kann Energie als fundamentaler und die Physik strukturierender, aber gleichwohl auch als ein in metaphorischer Weise überbeanspruchter Begriff angesehen werden. Tatsächlich interessiere man sich weder im Alltag noch in Naturwissenschaft und Technik wirklich für Energie – vielmehr läge der Fokus auf den im Sinne von Arbeitsfähigkeit nutzbaren Energien (Fleischer, 2008). Bei der Interaktion von Systemen mit ihrer Umgebung wird diese nutzbare Energie als Exergie definiert (Jørgensen, 1997). Nicht nutzbare Energieanteile werden als Anergie bezeichnet (Baehr, 1988). Unter Berücksichtigung der ersten beiden Hauptsätze der Thermodynamik kann übertragbare Energie nach Fleischer (2008) als Summe von Exergie und Anergie verstanden werden. Ein wesentlicher Vorteil des Exergiebegriffs bei der Analyse ökologischer Vorgänge liegt darin, ausschließlich die Bilanzierung von zellulärer Arbeitsfähigkeit zu betrachten, welche im Verlauf von Nahrungsketten abnimmt. Mit jedem realen Prozess (Lebensvorgänge in Zellen von Organismen) wird also Exergie genutzt und zugleich im energetischen Äquivalent in Anergie überführt (Fleischer, 2008).

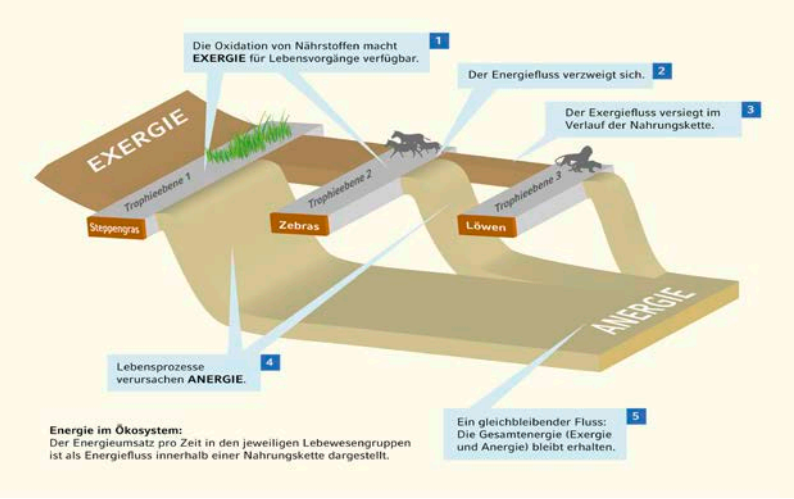


Abb. 1: Energie in Ökosystemen

Energie sollte nach Auffassung einiger Physiker nicht stofflich gedacht werden. Unser Denken legt jedoch eine materiell orientierte Vorstellung über Energie nahe, denn erfahrungsbasierte Kognitionen strukturieren unser Verständnis (Lakoff & Johnson, 1980; Gropengießer, 2007). Daher erweist sich die Fluss-Metaphorik als dienlich, um Verständnis zu erlangen. Fließen lässt sich begreifen als stetiger, ununterbrochener Vorgang. Fließen bedeutet strömend und ohne Stauung von einem Ort zu anderen zu gelangen. Zwar ist ein Fließgewässer materiellen Ursprunges, sinnlich wahrgenommen wird aber weniger der stoffliche Charakter des Wassers als vielmehr die spürbaren Auswirkungen der Fließbewegung. Diese Erfahrungen ließen sich auf Energieübertragungen in Ökosystemen übertragen. Die Grundideen des Energiebegriffs (Duit, 2014) wie Übertragung und Umwandlung, Dissipation und Erhalt sowie die quantitativen Gesichtspunkte können mithilfe von Energieflussdiagrammen anschaulich illustriert werden (vgl. Abb. 1).

Literatur

Barman, C.R., Griffiths, A.K. & Okebukola, P.A.O. (1995): High school students` concepts regarding food chains and food webs: a multinational study. International Journal of Science Education, 17 (6), 775-782.

Baehr, H.D. (1988): Thermodynamik. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.

Burger, J. & Gerhardt, A. (2003): Energie im biologischen Kontext. MNU, 56 (6), 324-329, MNU (7), 423-437, MNU (8), 496-502.

Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S. & Foley, J.A. (2013): Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. Environmental Research Letters, 8 (3), 1-8.

Dauer, J.M., Miller, H.K. & Anderson, C.W. (2014): Conservation of Energy: An Analytical Tool for Student Accounts of Carbon-Transforming Processes. In: Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. & Scheff, A. (Hrsg.): Teaching and Learning Energy in K-12 Education.

Duit, R. (2014): Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In: Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. & Scheff, A. (Hrsg.): Teaching and Learning Energy in K-12 Education.

Fleischer, L.G. (2008): Reflexionen zur Triade Energie-Entropie-Exergie – eine universelle Qualität der Energie. LIFIS-Online. http://www.leibniz-institut.de/archiv/fleischer_21_10_08.pdf

Gayford, C.G. (1986): Some aspects oft he problems of teaching about energy in school biology. European Journal of Science Education, 8 (4), 443-450.

Gropengießer, H. (2007): Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Heidelberg, 105-116.

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 Verlag, Weinheim/Basel, 172-189.

Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2009). Didaktische Rekonstruktion – Schritte auf dem Weg zu gutem Unterricht. In Moschner, B., Hinz, R. & Wendt, V. (Hrsg.), Unterrichten professionalisieren. Cornelsen Scriptor, Berlin, 159-164.

Hewitt, P. (2001): Conceptual Physics. 9th ed., Addison Wesley.

Kattmann, U. (2007): Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: Krüger, D. & Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Heidelberg, 93-104.

Jørgensen, S.E. (1997): Integration of Ecosystem Theories: a Pattern. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.

Lakoff, G. & Johnson, M. (1980): Metaphors We Live By. The University of Chicago Press, Chicago/London.

Lancor, R. (2012): Using Student-Generated Analogies to investigate Conceptions of Energy: A multidisciplinary study. International Journal of Science Education, 31 (1), 1-23.

Millar, R. (2005): Teaching about energy. The University of New York. www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Paper11Teachingaboutenergy.pdf

Odum, E.P. (1999): Ökologie (3. Auflage).

Quinn, H.R. (2014): A Physicists Musings about Teaching on Energy. In: Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. & Scheff, A. (Hrsg.): Teaching and Learning Energy in K-12 Education.

Schäfer, G. (1983): Der Energiebegriff im ökologischen Kontext. PdN (Biologie), 32 (7), 197-202.

Serway, R., Faughn, J. & Vuille, C. (2006): College Physics. 7th ed., Brooks/Cole, Belmont CA.

Smith, T.M. & Smith, R.L. (2009): Ökologie (6. Auflage). Pearson Studium, München.

Schmitt, R. (2005): Systematic Metaphor Analysis as a Method of Qualitative Research. The Qualitative Report, 10 (2), 358-394.

Watts, D.M. (1983): Some alternative views of energy. Phys. Educ., 18 (5), 213-217.

Sabrina Milke PH Ludwigsburg
Erich Starauschek

Das Dritte Newtonsche Axiom: Schwierigkeiten bei der Testung?

Einleitung

Eine Analyse des Dritten Newtonschen Axioms zeigt, dass unterschiedliche Szenarien physikalisch unterschiedliche Argumentationen erfordern. In einer ersten Einschätzung kann zwischen Stößen, dem Schieben und Ziehen von Körpern und statischen Anordnungen unterschieden werden. Die gängigen Messinstrumente scheinen diese Unterschiede nicht adäquat zu erfassen. So bieten die Items des Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992) zum Dritten Newtonschen Axiom jeweils nur eine richtige Antwort ähnlicher Formulierung: Der Körper A übt die gleiche Kraft auf den Körper B aus wie der Körper B auf den Körper A. Es ist zu fragen: Bilden die Items des FCI die notwendigen Argumentationen zum Dritten Newtonschen Axiom ab? Die physikalische Argumentation wird anhand von zwei prototypischen Beispielen verglichen.

Stand der Forschung und qualitative Zugänge zum Dritten Newtonschen Axiom

Vor der Thematisierung der Eingangsfrage, werden die wesentlichen physikdidaktischen Aspekte kurz vergegenwärtigt: Auch nach dem Mechanikunterricht haben viele Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, den Kern des Dritten Newtonschen Axioms zu erfassen. Dies ist zum Teil auch bei Physikstudierenden der Fall (Girwidz et al., 2003). Eine Ursache kann in der Wahl der physikdidaktischen Sachstruktur liegen: Häufig werden zuerst statische Anordnungen betrachtet, die den Zugang zu dynamischen Szenarien erschweren (Wilhelm et al., 2009). Dynamische Szenarien versprechen einen „einfacheren“ qualitativen Zugang zum Dritten Newtonschen Axiom: 1. Ändert sich der Bewegungszustand eines Körpers, d. h. wird ein Körper schneller, langsamer oder ändert die Richtung seiner Bewegung, so muss es einen zweiten Körper geben, der diese Änderung verursacht. 2. Dabei ändert sich auch die Bewegung des zweiten Körpers. Und 3. lässt sich grob gesprochen ein „Ausmaß der Einwirkung“ definieren, das bei beiden Körpern gleich ist. Dieses „Ausmaß“ kann mit dem Kraftbegriff gefasst werden.

Force Concept Inventory (FCI)

Der FCI (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992) ist ein verbreitetes Messinstrument für das physikalische Basiskonzept Kraft. Die Items sind im Multiple-Choice-Format: Nur eine von fünf Antwortmöglichkeiten ist physikalisch richtig, die vier Distraktoren basieren auf bekannten Schülervorstellungen. Die Validität und Reliabilität des FCI, sowie die Unterscheidung des Kraftkonzeptes in sechs Dimensionen (Subskalen) wurden häufig kritisiert (u. a. Huffman & Heller, 1995). Hestenes und Halloun (1995) reagierten auf die Kritik: Nur das FCI Gesamtergebnis und nicht die einzelnen Dimensionen sollen interpretiert werden (Hestenes & Halloun, 1995, S. 2). Schecker & Gerdes (1999) konnten in dieser Diskussion eine hohe Reliabilität des FCI Gesamtergebnisses und der Dimension des Dritten Newtonschen Axioms nachweisen. Dabei werden im FCI aber nur jeweils zwei Items zu den Szenarien eines Stoßes und zum Schieben beschrieben. Es bleibt also zu fragen, ob für eine Erhebung des Wissens zum Dritten Newtonschen Axiom und für eine Erhebung der Fähigkeiten zur Anwendung des Axioms die vier FCI Items ausreichen? Girwidz et al. (2003) zeigen, dass drei der vier Items zum Dritten Newtonschen Axiom zu den schwierigsten der insgesamt 29 FCI Items zählen. Darunter das folgende Beispielitem (Schecker & Gerdes, o. D.):

Stelle Dir einen Frontalzusammenstoß zwischen einem LKW und einem Kleinwagen (PKW) vor. Für den Zeitraum des Zusammenpralls gilt:
A) Der LKW übt eine größere Kraft auf den Kleinwagen aus als der PKW auf den Lastwagen.
B) Der Kleinwagen übt eine größere Kraft auf den LKW aus als der Lastwagen auf den PKW.
C) Die beiden Fahrzeuge üben keine Kräfte aufeinander aus. Der Kleinwagen wir einfach deshalb zerdrückt, weil er dem LKW im Wege ist.
D) Der LKW übt eine Kraft auf den Kleinwagen aus, aber der PKW übt keine Kraft auf den Laster aus.
E) Der LKW übt die gleiche Kraft auf den Kleinwagen aus wie der PKW auf den Laster.

Die Antwortmöglichkeiten sind, wie gesagt, bei allen Items zum Dritten Newtonschen Axiom ähnlich formuliert. Zudem werden die Richtungen der Kräfte im FCI nicht thematisiert. Es stellt sich die Frage: Werden die unterschiedlichen physikalischen Argumentationen bei Stößen, dem Schieben und Ziehen von Körpern oder statischen Anordnungen adäquat durch die Items erfasst? Wir analysieren die physikalische Argumentation anhand von zwei prototypischen Beispielen.

Analyse der physikalischen Argumentation: Zwei prototypische Beispiele
Beispiel für das Szenario „Stoß": Eine kleine und eine große Lok fahren mit konstanten Geschwindigkeiten (Betrag) aufeinander zu und stoßen zusammen. Vor dem Stoß gilt: Keine Lok wird schneller, langsamer oder ändert die Richtung ihrer Bewegung. Vor dem Stoß werden keine Kräfte auf die Loks ausgeübt (Gewichts- und Reibungskräfte werden hier und im Folgenden vernachlässigt). Beim Stoß gilt: Beide Loks werden abgebremst und dadurch langsamer. D. h. auf jede Lok wird eine Kraft entgegen ihrer Bewegungsrichtung ausgeübt. Da die kleine Lok von der großen Lok abgebremst wird, übt die große Lok eine Kraft auf die kleine Lok aus. Analog: Da die große Lok von der kleinen Lok abgebremst wird, übt die kleine Lok eine Kraft auf die große Lok aus.
Beispiel für das Szenario „Ziehen": Ein Pferd läuft los und beschleunigt. Anschließend wird das Pferd vor eine Kutsche gespannt und beschleunigt. Vor dem Ziehen gilt: Das Pferd wird schneller, d. h. auf das Pferd wird eine Kraft ausgeübt. Und: Es muss einen zweiten Körper geben, der die Kraft auf das Pferd ausübt. Als zweiter Körper kommt nur die Erde in Frage.[1] Beim Ziehen gilt: Das Pferd läuft wie in der vorherigen Situation los. Pferd und Kutsche werden schneller. Im Vergleich zur Situation ohne Kutsche kommt das Pferd langsamer voran. Das heißt: Die Kutsche übt eine Kraft auf das Pferd aus. Diese Kraft zeigt entgegen der Bewegungsrichtung des Pferdes. Analog: Die Kutsche wird durch das Pferd schneller. D. h. das Pferd übt eine Kraft auf die Kutsche aus. Diese Kraft zeigt in die Bewegungsrichtung der Kutsche.
Der Vergleich zeigt, dass sich die physikalischen Argumentationen unterscheiden. Die FCI-Items bilden diesen Unterschied nicht ab. Aus didaktischer Perspektive geht es beim „Verständnis" des Dritten Newtonschen Axioms im Kern noch um eine andere Frage: Wie kann gezeigt werden, dass die ausgeübten Kräfte gleich groß sind?
In Anlehnung an die Verwendung von Brückenanalogien (Clement, 1993) können die Körper in einem Gedankenexperiment an den Berührstellen weich gedacht werden. Beim Stoß oder Ziehen verformen sich die weichen Stellen. Um dies zu präzisieren, werden an den Berührstellen zwei Federn gleicher Eigenschaften gedacht. Beim Beispiel für das Szenario „Stoß" sind es kleine Federn mit Puffern, beim „Ziehen" haben die Federn Haken. Was

[1] Die Kraft, die die Erde auf das Pferd ausübt, und die Kraft, die das Pferd auf die Erde ausübt, werden hier nicht weiter diskutiert. Die Argumentation ist analog zu dem ausgeführten Beispiel „Stoß".

geschieht beim Stoß oder beim Ziehen? Erstes: Beide Federn werden gleichzeitig zusammengedrückt oder gedehnt. Und: Zu jedem Zeitpunkt werden beide Federn gleich stark zusammengedrückt oder gedehnt.
Wenn sich die Bewegung eines Körpers ändert, dann wird auf den Körper eine Kraft ausgeübt. Gleichzeitig werden die Federn zusammengedrückt oder gedehnt. Das Zusammendrücken oder Dehnen der Federn kann als Maß der Kräfte interpretiert werden. Da die Federn die gleichen Eigenschaften haben und gleich stark zusammengedrückt oder gedehnt werden, sind die ausgeübten Kräfte gleich groß. Wir erkennen zwei Aspekte. Erstens: Die Argumentation zur Größe der Kräfte wird im FCI nicht berücksichtigt. Zweitens: Auch die Richtungen der Kräfte werden durch die FCI Items nicht erfasst. Mit der obigen Überlegung zeigen die ausgeübten Kräfte in entgegengesetzte Richtungen. Abbildung 1 verdeutlicht die unterschiedlichen Richtungen der Kräftepaare.

Abb. 1: Grafische Repräsentation der Kräfte beim „Stoß" (links) und „Ziehen" (rechts).

Diskussion
Ein dynamischer Zugang zum Dritten Newtonschen Axiom führt über Bewegungsänderungen: Zur Änderung der Bewegung eines Körpers wird eine Kraft auf den Körper ausgeübt. Der Terminus „ausüben" impliziert, dass dafür ein zweiter Körper notwendig ist. Dieser ändert ebenfalls seine Bewegung. Aus der Bewegungsänderung kann auf die Richtungen der ausgeübten Kräfte geschlossen werden. Eine lokale Betrachtung ermöglicht die Folgerung, dass die ausgeübten Kräfte gleich groß sind. Die lokale Argumentation kann auch experimentell geprüft werden. Die qualitative Analyse verdeutlicht, dass die Antworten der FCI Items zum Dritten Newtonschen Axiom die unterschiedlichen Argumentationen nicht adäquat abbilden.

Literatur
Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. Journal of Research in Science Teaching. S. 1241-1257.
Girwidz, R., Kurz, G. & Kautz, C. (2003). Zum Verständnis der newtonschen Mechanik bei Studienanfängern – der Test „Force Concept Inventory – FCI". CD zur Frühjahrstagung Augsburg der DPG.
Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher, Vol. 30. S. 141-158.
Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to Huffman and Heller. The Physics Teacher, 33. S. 502-506.
Huffman, D. & Heller, P. (1995). What Does the Force Concept Inventory Actually Measure? The Physics Teacher, Vol. 33. S. 138-143.
Schecker, H. & Gerdes, J. (o. D.). Deutsche Übersetzung des Force Concept Inventory. http://www.didaktik.physik.uni-due.de/veranstaltungen/WS2010/LeitfachMechanik/Fci_3_1.pdf. Datum: 13.03.2013 (nicht mehr verfügbar).
Schecker, H. & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik – Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. ZFDN, Jg. 5 (1). S. 75-89.
Wilhelm, T., Waltner, C., Hopf, M., Tobias, V. & Wiesner, H. (2009). Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht – quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung. Didaktik der Physik. Frühjahrstagung Bochum 2009.

Katrin Weber[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Markus Emden[2] [2]PH Schwäbisch Gmünd
Elke Sumfleth[1]

Learning Progression im Basiskonzept „Chemische Reaktion“

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Validierung einer Learning Progression zum Basiskonzept „Chemische Reaktion“ für die Sekundarstufe I an Gymnasien. Damit soll die Konzeptentwicklung der Lernenden in diesem Basiskonzept beschrieben werden. Außerdem wird untersucht, inwieweit sich das Lernen in den Basiskonzepten „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ (vgl. MSW, 2008a) gegenseitig bedingt. Daraus gewonnene Ergebnisse können als Basis zur Curriculumentwicklung und der Entwicklung optimiert sequenzierter Lehreinheiten dienen. Das Forschungsprojekt ist eingebettet in das Projekt „Ganz In - Mit Ganztag mehr Zukunft“, in dem Gymnasien in Nordrhein-Westfalen in der Umstellung auf den gebundenen Ganztag unterstützt werden. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der individuellen Förderung der Lernenden. Das Aufzeigen möglicher Lernwege (Learning Progressions) kann eine elaborierte Grundlage für die Entwicklung individualisierender Förderkonzepte darstellen.

Theoretischer Hintergrund

Learning Progressions beschreiben die Konzeptentwicklung von Lernenden über einen definierten Zeitraum (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Sie umfassen eine oder mehrere Progressionsvariablen (Corcoran, Mosher & Rogat, 2009), d. h. Repräsentationen von Wissen oder Fertigkeiten, die entwickelt werden sollen (Jin, Zhan & Anderson, 2013). Die Progressionsvariable beschreibt in einem Lower Anchor das Wissen und die Fähigkeiten der Lernenden zu Beginn einer Lerneinheit (vgl. Abb.1; Corcoran et al., 2009).

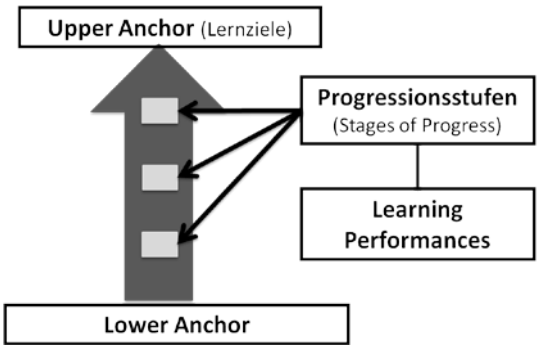


Abb.1: Bestandteile einer Learning Progression (vgl. Duschl et al., 2007; Corcoran et al., 2009; Stevens, Delgado & Krajcik, 2010)

Am Ende der Lerneinheit nimmt die Progressionsvariable das Erreichen eines durch Lernziele beschreibbaren Upper Anchors an (Corcoran et al., 2009). Zwischen Lower und Upper Anchor werden mehrere Progressionsstufen durchschritten. Diese sind durch für die jeweiligen Progressionsstufen spezifisches Wissen und spezifische Fähigkeiten (Learning Performances) determiniert (Corcoran et al., 2009). Auf diesen Learning Performances basiert die Entwicklung von Assessments, auf denen die Validierung der Learning Progression beruht (Corcoran et al., 2009).

Forschungsfragen

Im Rahmen dieses Projekts sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Kann mit Hilfe einer Learning Progression die Entwicklung konzeptbezogener Fähigkeiten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I hinsichtlich der Basiskonzepte „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ valide beschrieben werden?
- Wie entwickeln sich die Fähigkeiten entlang der Dimension „Chemische Reaktion“ in Abhängigkeit von der Dimension „Struktur der Materie“?
- Welche Progressionsstufen lassen sich mit Blick auf die Fähigkeiten in den Basiskonzepten identifizieren?

Forschungsdesign und Methoden

Die Formulierung des Lower Anchor orientiert sich an den Richtlinien und Lehrplänen für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen (MSW, 2008b), die des Upper Anchor an den Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2005) und dem nordrhein-westfälischen Kernlehrplan für die Sekundarstufe I an Gymnasien (MSW, 2008a). Basierend auf den Bildungsstandards und den im Kernlehrplan geforderten Fähigkeiten wird eine Strand Map (vgl. Abb.2) für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ entwickelt (analog zu: AAAS, 2007), um Zusammenhänge zwischen den Fähigkeiten zu visualisieren. Die Verfügbarkeit von Fähigkeiten aus „Struktur der Materie“ scheint Voraussetzung für die Konzeptentwicklung in „Chemische Reaktion“ zu sein.

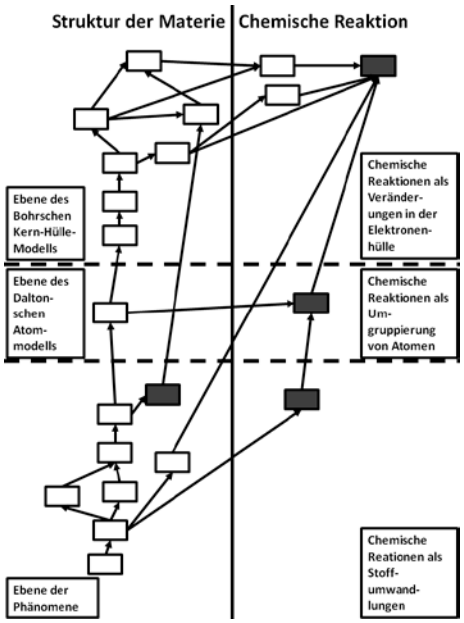


Abb. 2: Schematische Strand Map für die Progressionsvariablen „Struktur der Materie” und „Chemische Reaktion”

Die Strand Map wird in einer Expertenbefragung validiert. Basierend auf der Strand Map werden die folgenden Ausprägungen (Progressionsstufen) für die Dimension „Chemische Reaktion“ (Progressionsvariable) angenommen: „… als Stoffumwandlung“, „… als Umgruppierung von Atomen“ und „… als Veränderung in der Elektronenhülle“. Für die

Dimension „Struktur der Materie“ werden die folgenden Ausprägungen vermutet: „Phänomenebene“, „Daltonsches Atommodell“ und „Bohrsches Kern-Hülle-Modell“.
Zur Validierung der Learning Progression wird eine Schülerbefragung durchgeführt. In der Hauptstudie umfasst die Stichprobe Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7-9 ($N \approx$ 600). Mithilfe eines Paper-Pencil-Tests (Multiple-Choice-Single-Select) werden die Fähigkeiten der Lernenden erfasst. Bei der Konstruktion des Tests werden drei den Progressionsstufen entsprechende Bereiche der Strand Map unterschieden (vgl. Abb.2). In jedem Bereich wird eine Fähigkeit angestrebt, die den Bereich maximal differenziert beschreibt (grau in Abb. 2). Diese Fähigkeiten werden mit Items zu jeweils fünf unterschiedlichen Beispielreaktionen erhoben; ebenso werden für jedes inhaltliche Beispiel Testitems zu jenen Fähigkeiten formuliert, die auf dem Lernpfad zu dieser, die Progressionsstufe maximal differenziert beschreibende Fähigkeit liegen. Daraus ergeben sich fünf Itemsets, durch die Lernpfade in unterschiedlichen Beispielreaktionen nachvollzogen werden können. Schülerinnen und Schüler bearbeiten jeweils ein komplettes Itemset sowie ausgewählte Testitems aus den verbliebenen vier Sets. So soll eine bessere Grundlage zur Schätzung von Item-Schwierigkeiten geschaffen werden. Es wird angenommen, dass Items zu Fähigkeiten höherer Progressionsstufen schwieriger sind als solche zu Fähigkeiten niedriger Progressionsstufen. Die Itementwicklung erfolgt nach Ferber (2014) unter Berücksichtigung kognitiver Prozesse und der Komplexität bei der Aufgabenbearbeitung (vgl. Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010).
Mithilfe von Rasch-Analysen werden die Itemschwierigkeiten geschätzt. Korrelationsanalysen gewähren Einblick in die Zusammenhänge zwischen Fähigkeiten und helfen die angenommenen Progressionsstufen zu überprüfen. Folgende Kontrollvariablen werden erfasst: kognitive Fähigkeiten (KFT: Heller & Perleth, 2000), aktuelle Motivation (FAM: Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und Sprachbeherrschung (C-Test: Baur & Spettmann, 2008).

Literatur

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS

Baur, R. S., Spettmann, M. (2008). Kompetenzen testen - leicht gemacht. C-Test für die Orientierungsstufe. In C. Bainski (Ed.), Handbuch Sprachförderung. Essen: Neue-Dt.-Schule-Verl.-Ges., 123-131

Corcoran, T., Mosher, F.A., & Rogat, A. (Eds.). (2009). Learning progressions in science - an evidence based approach to reform. Philadelphia, PA: CPRE

Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (Eds.). (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academic Press.

Ferber, N. (2014). Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag

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

Jin, H., Zhan, L., & Anderson, C.W. (2013). Developing a Fine-Grained Learning Progression Framework for Carbon-Transforming Processes. International Journal of Science Education, 35 (1), 1663-1697

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

Kultusministerkonferenz (KMK). (2005). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW). (2008a). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Frechen: Ritterbach Verlag

MSW. (2008b). Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. Deutsch, Sachunterricht, Mathematik, Englisch, Musik, Kunst, Sport, Evangelische Religionslehre, Katholische Religionslehre. Frechen: Ritterbach Verlag

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 47(2), 57-66

Stevens, S.Y., Delgado, C., & Krajcik, J. (2010). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. Journal of Research in Science Teaching, 47(6), 687-715

David Hadinek IPN Kiel
Knut Neumann
Susanne Weßnigk

Förderung eines integrierten Energieverständnisses in der Mittelstufe

Dem Energiekonzept wird bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung eine zentrale Rolle zugeschrieben. Es ist Basiskonzept in Biologie, Chemie und Physik und somit nicht nur ein strukturierendes Element für das Lernen innerhalb der Fächer, sondern auch für fächerübergreifendes Lernen. Zudem ist ein Verständnis des Energiekonzepts wichtig für das Verständnis aktueller gesellschaftlicher Diskurse z. B. zur Energiewende. Entsprechend ist die Frage, wie sich das Verständnis von Energie entwickelt und wie es zu fördern ist, eine wichtige Frage der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung.

Theoretischer Hintergrund

In der Naturwissenschaftsdidaktik besteht Konsens darüber, dass ein angemessenes Verständnis des Energiekonzepts das Verständnis mehrerer zentraler Aspekte des Energiekonzepts, darunter insbesondere die Erhaltung von Energie, umfasst (für einen Überblick siehe Chen et.al., 2014). Dabei hat sich wiederholt gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler Verständnis dieser Aspekte in der folgenden Reihenfolge entwickeln: *Energieformen, Energieumwandlung, Energieentwertung* und *Energieerhaltung* (z. B. Liu & McKeough, 2005; Dawson-Tunik, 2006; Neumann et.al., 2013). Allerdings wurde auch beobachtet, dass viele Schülerinnen und Schüler ein Verständnis insbesondere der Energieerhaltung nicht erreichen (Duit, 1981; Driver & Warrington, 1985; Neumann et.al., 2013). Offensichtlich sind bestehende Ansätze also nicht erfolgreich bei der Vermittlung eines angemessenen Verständnisses von Energie. Dabei sind zwei grundsätzlich verschiedene Vermittlungsansätze denkbar (vgl. Besson & De Ambrosis, 2013), die zu der beschriebenen Verständnisentwicklung führen können: Der konsekutive und der unitäre Ansatz.

Der *konsekutive* Ansatz geht davon aus, dass die Aspekte disjunkte Stufen in der Verständnisentwicklung darstellen (z. B. Dawson-Tunik, 2006). Demnach müsste zunächst ein Verständnis auf einer Stufe – etwa ein ausreichendes Verständnis von Energieformen – vermittelt werden, bevor ein Verständnis der nächsten Stufe – die Energieumwandlung – entwickelt werden kann (vgl. Liu & McKeough, 2005). Ein Vermittlungsansatz, der unter dieser Annahme den Stoff optimal vermitteln würde, müsste die verschiedenen Aspekte also konsekutiv einführen. Dem gegenüber steht die Möglichkeit, dass manche Aspekte – z. B. die Energieerhaltung – einfach schwieriger zu verstehen sind und deshalb einer intensiveren Förderung bedürfen. Unter dieser Annahme sollten bei der Vermittlung bereits frühzeitig alle Aspekte thematisiert werden und schwierigere Aspekte besonders thematisiert werden, um zum Ende der Schulzeit ein Verständnis aller Aspekte zu erreichen. Dies würde durch eine *unitäre* Vermittlung der Aspekte erreicht werden (z. B. Solbes et.al., 2009; Swackhamer, 2005). Abb. 1 zeigt die angenommene Entwicklung des Verständnisses bei unterschiedlicher Beschulung, die zu gleichen Entwicklungsverläufen führt, aber auf unterschiedlichen Annahmen darüber beruht, wie Schülerinnen und Schüler ein Verständnis von Energie entwickeln. Offen ist dabei, welcher Vermittlungsansatz zu einem angemesseneren Verständnis von Energie führt.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass sich abhängig vom jeweiligen Ansatz unterschiedliche Strategien zur Modellierung von natürlichen und technischen Phänomenen anbieten (vgl. Scherr et.al, 2012). So wäre es für den konsekutiven Ansatz, in dem, ausgehend von einer intensiven Behandlung verschiedener Energieformen, die Energieumwandlung im

Vordergrund steht, sinnvoll, mit einer Modellierungsstrategie zu arbeiten, bei der der Fokus auf der Repräsentation dieser Energieformen liegt. Hierfür werden Würfel eingesetzt, deren Seiten verschiedene Energieformen repräsentieren und die auf einer schematischen Darstellung des jeweiligen Systems zwischen den involvierten Objekten hin und her bewegt werden können. Für den unitären Ansatz, bei dem vor allem Energietransport- und -umwandlungsprozesse im jeweiligen System betrachtet werden (vgl. Swackhamer, 2005), würden sich wiederum die klassischen Energieflussdiagramme zur Modellierung anbieten (vgl. Papadouris & Constantinou, 2011). Es ist also zu erwarten, dass die Wahl einer Modellierungsstrategie mit dem gewählten Vermittlungsansatz interagiert.

Abb. 1: Entwicklung des Verständnisses von Energie bei sequentiellem bzw. parallelem Erlernen der Energieaspekte

Anlage der Untersuchung

Im Rahmen eines 2x2-Designs soll der Wirksamkeit der beiden im vorhergehenden Abschnitt postulierten Vermittlungsansätze nachgegangen werden (vgl. Abbildung 2). Beide Ansätze werden jeweils unter Berücksichtigung beider Modellierungsstrategien (Würfelmodell bzw. Flussdiagramme) implementiert. Die Evaluation erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird die Lernwirksamkeit der Modellierungsstrategien im Kontext des konsekutiven Vermittlungsansatzes in einer experimentellen Laborstudie mit insgesamt N = 40 Schülerinnen und Schülern getestet. In einer zweiten Untersuchung soll dann der konsekutive mit dem unitären Vermittlungsansatz bezüglich der Lernwirksamkeit verglichen werden, wobei auch hier die Interaktion mit der Modellierungsstrategie berücksichtigt wird. Zentrales Element der Untersuchung ist je eine Unterrichtseinheit zum Energiekonzept. Diese ist in den Kontext *Energiewende* eingebettet. Der Lebensweltbezug wird durch die Verwendung eines einfachen Windkraftanlagenmodells hergestellt, welches sich als roter Faden durch die Einheit zieht. Daran angelehnt wird explorativ eine Auswahl an Energieformen und deren Abhängigkeiten halbquantitativ behandelt. Diese werden anschließend kleinschrittig in Umwandlungsprozesse überführt und mithilfe der jeweiligen Modellierungsstrategie veranschaulicht. Dann findet ein Übergang zu Beispielen aus der Energiewirtschaft statt. Abgeschlossen wird die Einheit durch eine Betrachtung der jeweiligen Systeme unter Berücksichtigung von Energieentwertung und Energieerhaltung. Das Prinzip der Energieerhaltung wird dann in verschiedenen Versuchen, wie z. B. einem magnetisch angetriebenen Pendel, zunächst in Frage gestellt. Dann wird aufgezeigt, wie es bei entsprechender Wahl des Systems auch weiterhin Gültigkeit besitzt. Die Einheit wurde im Herbst 2014 pilotiert und wird aktuell überarbeitet. Zur Erfassung des Energieverständnisses wird ein Test auf Grundlage des bereits von Neumann et.al. (2013) verwendeten Kompetenzentwicklungstests eingesetzt. Dabei wird das Verständnis in den einzelnen Aspekten erhoben. Zusätzlich zu dem Fachwissenstest werden Intelligenz, Motivation und Interesse als Kontrollvariablen miterhoben.

Erwartete Ergebnisse

Der erste Teil der Untersuchung mit der entsprechend optimierten Einheit soll im Frühjahr 2015 als Laborexperiment durchgeführt werden. Im Sommer soll dann der Vergleich mit

einer entsprechenden unitären Unterrichtseinheit stattfinden. Bezüglich der Frage, inwieweit die Verständnisentwicklung von Energie durch die Variation von Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie abhängt, werden Effekte der beiden Dimensionen und deren Interaktion auf die Entwicklung des Verständnisses der Aspekte erwartet. Durch die frühe Einführung der Aspekte Energieentwertung und Energieerhaltung im unitären Ansatz wird ein größerer Lernfortschritt im Vergleich zum konsekutiven Ansatz erwartet. Dies könnte sich negativ insbesondere auf den Aspekt Energieformen auswirken, da diese im Vergleich zur konsekutiven Einheit erst später eingeführt werden. Im Hinblick auf den Einfluss der Modellierungsstrategie auf das Lernen über Energie wird erwartet, dass das Würfelmodell durch seine stoffliche Veranschaulichung ein intuitiveres Verständnis von Energieerhaltung fördert. Die komplexeren Zusammenhänge bei der frühen Betrachtung von Energieumwandlungen unter Berücksichtigung von Energieentwertung lassen erwarten, dass hier die Flussdiagramme das System nachvollziehbarer darstellen, sodass in dieser Interaktion mit einem höheren Effekt auf die Entwicklung des Energieverständnisses insgesamt gerechnet wird.

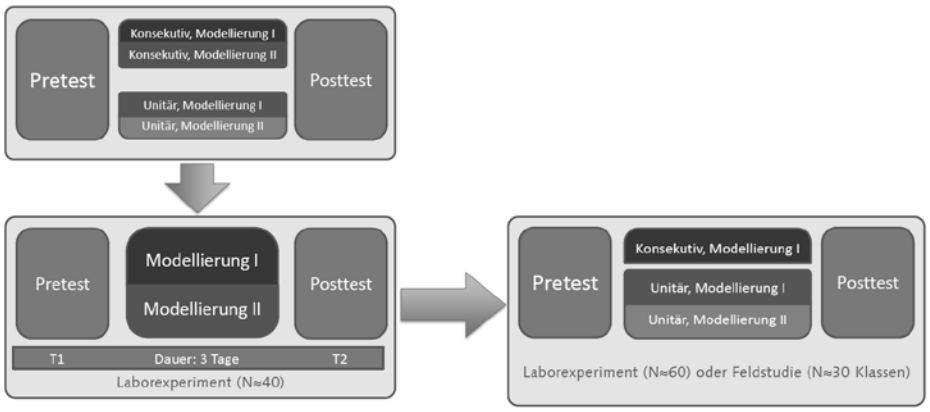


Abb. 2: Untersuchungsdesign

Literatur

Besson, U., & De Ambrosis, A. (2013). Teaching Energy Concepts by Working on Themes of Cultural and Environmental Value. Science & Education, 1-30.

Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C., Scheff, A. (2014). Teaching and Learning of Energy in K-12 Education, Springer

Dawson-Tunik, T. L. (2006). Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. Applications of Rasch measurement in science education, 111-136.

Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. Physics Education, 20(4), 171-76.

Duit, R. (1981). Understanding Energy as a Conserved Quantity--Remarks on the Article by RU Sexl. European Journal of Science Education, 3(3), 291-301.

Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. Journal of Research in Science Teaching, 42(5), 493-517.

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 .

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.

Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 8(2), 020115.

Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching energy conservation as a unifying principle in physics. Journal of Science Education and Technology, 18(3), 265-274.

Swackhamer, G. (2005). Cognitive resources for understanding energy.

Roswitha Avalos Ortiz Universität Wien
Ilse Bartosch

Urteilen und Entscheiden im Kontext Nachhaltigkeit im Rahmen von BLUKONE

Mit der Lernumgebung BLUKONE wurde eine Blended Learning Umgebung für die Entwicklung der Basiskompetenzen von Nachhaltigem Energiemanagement geschaffen, wobei neben der Anwendung von Energiewissen „Decision Making" ein zentrales Element darstellt.

Hintergrund

Für die in BLUKONE verwendeten Aufgabenstellungen sind neben dem physikalisch-technischen Wissen und den rechtlichen Rahmenbedingungen auch die *ökologischen*, *ökonomischen* und *sozialen* Aspekte (vgl. Brundtland-Report, 1978) relevant, damit Schüler_innen eine dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit entsprechende Entscheidung fällen können. Urteilen und Entscheiden (oder „Decision-Making") im Kontext Nachhaltigkeit muss außerdem auch der hohen Komplexität der Fragestellung sowie der Unsicherheit zugrundeliegender Daten gerecht werden (vgl. SSI bei Sadler & Donelly, 2006), wodurch es nicht eine optimale Lösung geben kann, sondern mehrere gleichwertige Lösungen denkbar und begründbar sind. Das Treffen einer reflektierten Entscheidung kann - wie bei Eggert & Bögeholz (2006) - aufgespalten werden in die Schritte „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren". Auch die Reflexion von Vorurteilen und Schüler_innenvorstellungen stellt hierbei eine wichtige Voraussetzung für den Wechsel von rein intuitiven hin zu rationalen Entscheidungsstrategien dar (Höttecke, 2013), wobei das Ziel die Habitualisierung einer angemessenen Strategiewahl (Hößle & Menthe, 2013) ist.

Die Analyse der Lernumgebung – Forschungsfrage, Forschungsdesign und Sample

Diese Analyse wurde von folgender Forschungsfrage angeleitet:
Wie ändert sich
- das Wissen der Schüler_innen zu Energie sowie zur Nutzung und Bereitstellung von Energie und
- ihre Fähigkeit, reflektiert Entscheidungen zu treffen und zu argumentieren

während der Nutzung von BLUKONE?

In einer quantitativen Analyse wurden das Wissen, das Verhalten und die Einstellungen der Schüler_innen zum Thema Energie und Energieeffizienz – in einem Prä-Post-Design erhoben. Die Basis hierfür bildete ein Fragebogen, der Elemente des Energy Concept Assessment (Neumann et al., 2013) sowie des Energy Literacy Survey (De Waters & Powers, 2011) verbindet.

Für die qualitative Analyse zu Entscheiden und Urteilen der Schüler_innen im Kontext nachhaltiges Energiemanagement wurden Gruppendiskussion bzw. Rollen- und Planspiele, die ein zentrales Element des Unterrichtskonzepts sind, videografiert und mithilfe der dokumentarischen Methode (Bohnsack, 2009) ausgewertet, in Anlehnung an Belova et al. (2013), und in Zusammenhang zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz (Eggert & Bögeholz, 2006) gebracht.

180 Schüler_innen der 10. – 12. Schulstufe in acht Klassen an sieben HTLs (in drei Bundesländern Österreichs) bearbeiteten BLUKONE im Beobachtungszeitraum. Davon scheinen in der Prätest-Erhebung 172 Schüler_innen auf; an der Posttest-Erhebung nahmen nur 136 Schüler_innen teil, die den BLUKONE-Lehrgang bereits abgeschlossen hatten.

Die Audio- und Videodaten für die qualitative Analyse stammen aus drei Klassen (an zwei Schulen).

Ergebnisse

In der quantitativen Analyse des Energiewissens der Schüler_innen zeigten sich zum einen Unterschiede zwischen den Klassen, zum anderen ist eine leichte Verbesserung der Klassen (prä/post) sichtbar. Im Energiewissen-Teil des Fragebogens gaben die Schüler_innen aller Klassen in Relation mehr richtige Antworten als im Teil, der die Energie-Konzepte der Schüler_innen untersucht. Die Antworten der Schüler_innen aller Klassen in den anderen zwei Fragebogen-Rubriken deuten darauf hin, dass die Einstellung der Schüler_innen zu nachhaltigem Umgang mit Energie positiver ausfallen als ihr Verhalten; zeitlich (prä/post) ändern sich die Resultate der Schüler_innen in diesen beiden Kategorien kaum.

Obwohl die Schüler_innen auf ein relativ hohes Energiewissen und gute Konzepte zu Energie zurückgreifen können, wie aus den Fragebögen ersichtlich wurde, wird in der qualitativen Analyse der Audio- und Videodaten deutlich, dass die Schüler_innen dieses Wissen nicht bewusst in den Entscheidungssituationen einsetzen: Intuitive Entscheidungen und post-hoc Argumente dominieren die Entscheidungssituationen, die im Rahmen von BLUKONE bearbeitet werden.

Die erste Entscheidungssituation entstammt dem persönlichen Bereich der Schüler_innen und wurde als geleitete Gruppendiskussion durchgeführt. Die Gespräche zeichneten sich aus durch intuitive Entscheidungen, kombiniert mit post-hoc Argumentationen. Die verwendeten Argumente basieren selten auf (Mess-)Daten. Die Entscheidung wird nicht in Bezug auf Nachhaltigkeit getroffen. Soziale Aspekte (wie z. B. Flexibilität, einfache Handhabung) haben große Bedeutung. Diese erste Gruppendiskussion kann gleichzeitig auch als eine Art Ist-Zustandserhebung gesehen werden, sie enthält Informationen dazu, wie Schüler_innen in alltagsnahen Situationen in ihren Entscheidungen auf Alltagswissen bzw. Faktenwissen zurückgreifen .

In der zweiten Entscheidungssituation setzen sich Schüler_innen mit unterschiedlichen Aspekten des Nachhaltigen Umgangs mit Energie auseinander, erstellen Angebote für ein fiktives Unternehmen und sollen im Rahmen eines Rollenspiels entscheiden.

Die dritte Entscheidungssituation findet als Planspiel statt: Die Schüler_innen entwerfen ein Nachhaltiges Energiemanagement für ein konkretes Unternehmen und simulieren im Planspiel die Managemententscheidung.

Für das Rollen- und Planspiel galt gleichermaßen: Die Schüler_innen haben wenig bis keine Rollenspielerfahrung, sie diskutieren in den “Schüler_innenrollen”. Es zeigt sich hier, dass die Schüler_innen die Unterrichtsmethode Rollenspiel nicht gewohnt sind, dass also ein häufigerer Einsatz von Rollenspielen im Unterricht (zum Üben) sinnvoll erscheint – es ist diesbezüglich sogar im Planspiel eine leichte Besserung gegenüber dem Rollenspiel erkennbar.

Nachhaltigkeit als Konzept ist aufgrund der drei Dimensionen (Ökologie/Ökonomie/ Soziales) für Schüler_innen sehr anspruchsvoll. Vor allem die Thematik Energie (Ökologie) wird oft nur indirekt besprochen und auf die Energiekosten reduziert.

Ausblick

Die aus BLUKONE gewonnenen Daten in Hinblick auf Entscheiden und Urteilen werden in Qualifikationsarbeiten noch weiter analysiert werden. Aus der Kooperation im Zuge des Projektes BLUKONE ist das „Sparkling Science“ Projekt SOLARbrunn erwachsen, im Zuge dessen Schule und Forschung gemeinsam Möglichkeiten für die Umrüstung eines bestehenden Gebäudes in ein Green Building untersuchen wird.

Literatur

Belova, N., Eilks, I., & Feierabend, T. (2013). The Evaluation Of Role-Playing In The Context Of Teaching Climate Change. International Journal of Science and Mathematics Education.

Bohnsack, R. (2009) Qualitative Bild- und Videointerpretation. Die dokumentarische Methode. Opladen & Farmington Hills Barbara Budrich.

DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. Energy Policy, 39(3), 1699-1710. doi: 10.1016/j.enpol.2010.12.049

Hößle, C., & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Eds.), Handeln in Zeiten des Klimawandels. Bewerten lernen als Bildungsaufgabe (pp. 35-64). Münster: Waxmann Verlag.

Höttecke, D. (2013). Rollen- und Planspiele in der Bildung für Nachhaltige Entwicklung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Eds.), Handlen in Zeiten des Klimawandels. Bewerten lernen als Bildungsaufgabe (pp. 95-112). Münster: Waxmann Verlag.

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. doi: 10.1002/tea.21061

Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. International Journal of Science Education, 28(12), 1463-1488. doi: 10.1080/09500690600708717.

Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Annex to Document A/42/427. (1987). Oxford, UK.

Philipp Spitzer Universität Siegen
Felix Otterbach
Martin Gröger

Sauerstoffabsorber als alltagsnahes Thema für den Chemieunterricht

Das gesteigerte Bedürfnis nach Frische, guter Transportfähigkeit und optischer Unversehrtheit von Lebensmitteln erfordert Verpackungen mit besonderen Eigenschaften. Um die Haltbarkeit von Lebensmitteln zu verbessern, sind Verpackungen und Zusätze nötig, die sie vor Umwelteinflüssen schützen (Heiss & Eichner, 2002). Vakuumierung und das Verpacken unter Schutzgas (**M**odified **A**tmosphere **P**ackaging) sind bereits etablierte Verfahren. Immer häufiger werden nun auch Verfahren des Active Packaging verwendet (siehe Abb.1). Dabei kann z. B. durch Verwendung von Sauerstoffabsorbern der Restsauerstoffgehalt noch weiter verringert werden (Welle, 2007, Crouz et al., 2012). Oftmals können Absorbersubstanzen auch direkt in das Verpackungsmaterial (Ferrari et al, 2009) eingearbeitet werden.

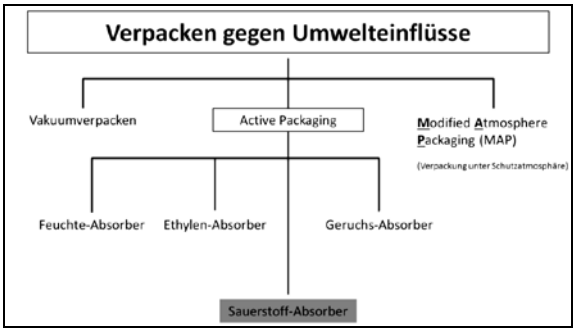
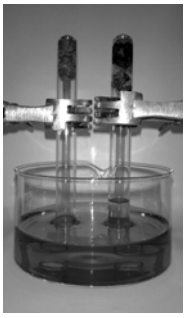


Abb. 1: Übersicht über Verpackungen zur Verringerung von Umwelteinflüssen

Sauerstoffabsorber lassen sich als alltagsnahes Thema für den Chemieunterricht erschließen. Sehr schön können damit Redoxreaktionen behandelt werden. Vermittels Sauerstoffabsorber auf Enzymbasis können zudem fachübergreifende Bezüge hergestellt werden.
Im Folgenden werden daher einige Experimente vorgestellt, die im Chemieunterricht an verschiedenen Stellen eingesetzt und von Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden können.

Eisenbasierte Sauerstoffabsorber
Der Vergleich von trockener mit angefeuchteter Stahlwolle (siehe Abb. 2) im Reagenzglas über Wasser ist ein typisches Modellexperiment für das Rosten von Eisen. Dies kann zugleich als ein erstes einfaches Experiment zur Demonstration der Wirkweise eisenbasierter Sauerstoffabsorber eingesetzt werden.
Eisenbasierte Sauerstoffabsorber werden häufig in den bekannten Päckchen als Zugabe bei Lebensmitteln verwendet (vgl. auch Miltz & Perry, 2004). Um die Wirkung der Sauerstoffabsorber zu demonstrieren und quantitativ zu untersuchen, eignet sich die in Abbildung 3 dargestellte allgemeine Versuchsanordnung (ohne Tropftrichter). Da die Absorberpäckchen den Sauerstoff in der Verpackung über einige Monate hinweg absorbieren sollen, ist die Reaktion nur über einen längeren Zeitraum von mehreren Tagen beobachtbar.



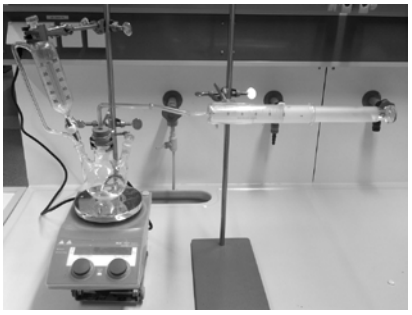


Abb. 2: Demonstrationsexperiment zum Rosten von Stahlwolle (links)
Abb. 3: Allgemeiner Versuchsaufbau zur Demonstration der Wirkung von Sauerstoffabsorbern (rechts)

Sulfitbasierte Sauerstoffabsorber
Sulfite werden als Päckchen und kleine Plättchen in den Dichtungssystemen in den Verschlüssen von Getränkeflaschen verwendet. Durch die thermische Stabilität vieler Sulfite können sie im Herstellungsprozess von Kunststoffprodukten eingearbeitet werden.

Das in wässriger Lösung bei der Reaktion $2\ Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2\ Na_2SO_4$ entstehende Natriumsulfat ist für den Menschen vollkommen ungefährlich. Da Sulfite im sauren Milieu jedoch Schwefeldioxid freisetzen können, sind ihrer Verwendung als Absorbersubstanz in der Lebensmittelindustrie Grenzen gesetzt.

Nach der Bestimmung des Volumens der Apparatur mit Wasser kann die Stoffmenge an Natriumsulfit berechnet werden, die benötigt wird, um den gesamten in der Apparatur vorhandenen Sauerstoff umzusetzen. Natriumsulfit wird nun vorgelegt und über den Tropftrichter Wasser zugegeben und gerührt. Anhand des Kolbenprobers wird die Abnahme des Gasvolumens gemessen (siehe Abbildung 4) und die Sauerstoffkonzentration dann rechnerisch bestimmt.

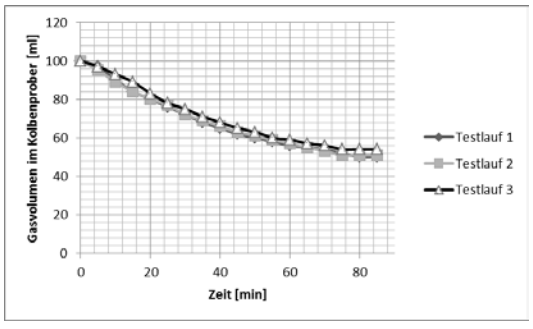


Abb. 4: Abnahme des Gasvolumens im Kolbenprober bei Verwendung von Natriumsulfit

Organische Sauerstoffabsorber

Neben anorganischen Absorbersubstanzen können auch organische Stoffe zur aktiven Sauerstoffreduktion verwendet werden, z. B. Ascorbinsäure. Hier ist der Zusatz eines Katalysators notwendig, der in Früchten beispielsweise in Form des Enzyms Oxidase oder als Spuren von Schwermetallionen zu finden ist. Im Schulversuch kann Kupfersulfat-Pentahydrat verwendet werden. Die Wirkung als Sauerstoffabsorber kann mit dem oben dargestellten Versuchsaufbau nachvollzogen werden.

Auch Rapsöl eignet sich zur Verwendung als Sauersoffabsorber, da es einen hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren enthält, die unter Einwirkung von Sauerstoff oxidiert werden können. Es handelt sich um eine sehr langsame Reaktion, die über mehrere Tage beobachtet werden muss. Ebenso lassen sich aufgrund der komplexen Zusammensetzung von Rapsöl keine Berechnungen über die Effizienz des Absorbers anstellen. Gegebenenfalls kann stattdessen auf reine ungesättigte Fettsäuren zurückgegriffen werden.

Enzymbasiert Sauerstoffabsorber

Glucose-Oxidase ist ein typischer Vertreter der enzymbasierten Sauerstoffabsorber. Für ihre Verwendung als Absorber ist reaktionsbedingt der Einsatz von Glucose erforderlich.

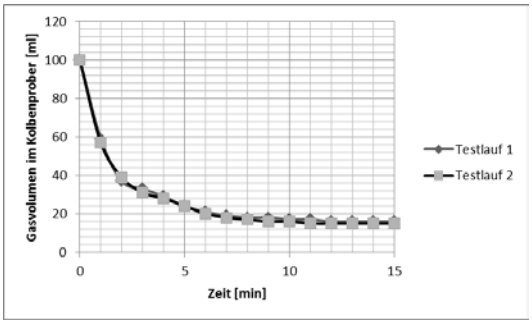


Abb. 4: Abnahme des Gasvolumens im Kolbenprober bei Verwendung von Glucose-Oxidase

Die relativ hohen Kosten der Glucose-Oxidase (ca. 30€ für 1,8 ml Substanz) könnten den Versuch für die Schule unattraktiver erscheinen lassen. Jedoch kann hier die Funktion eines Sauerstoffabsorbers in einem für den Chemieunterricht angemessenen Zeitraum (15 Minuten) gut dargestellt werden. Es ist zu empfehlen, überstöchiometrisch die doppelte Menge an Glucose zu verwenden.

Literatur

Crouz, R. S., Camilloto, G. P., Santos Pires, A.C. (2012). Oxygen Scavangers: An Approach on Food Preservation. In A.A. Eissa, Agricultural and Biological Sciences “Structure and Function of Food Engineering”. Rijeka: InTech, 21-42

Ferrari, M.C., Carranza, S., Bonnecaze, R.T., Tung, K.K., Freeman, B.D., Paul, D.R. (2009). Modeling of oxygen scavenging for improved barrier behavior: Blend films. Journal of Membrane Science 329(1-2), 183-192

Heiss, R., Eichern, K. (2002). Haltbarmachen von Lebensmitteln. Berlin: Springer.

Miltz, J., Perry, M. (2004). Evaluation of the Performance of Iron-based Oxygen Scavengers, with Comments on their Optimal Applications. Packaging Technology and Science, 18(1), 21-27

Welle, F. (2007). Alltäglich und doch unscheinbar – Lebensmittelverpackungen. Chemie in unserer Zeit, 41 (2), 96-106

Jennifer Petersen Universität Duisburg-Essen
Karin Stachelscheid

Humor in der Gesundheitsförderung zum Sonnenschutzverhalten

Einleitung

Gesundheitsförderung ist ein wichtiger Bestandteil schulischer Erziehung und sollte daher in den Kanon jeden Schulfaches, auch den des Chemieunterrichts, aufgenommen werden. Unter Gesundheitsförderung werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die eine Verbesserung des Gesundheitszustandes hervorrufen (Lohaus, 1993). Dabei sollen schädigende Verhaltensweisen verändert werden (Schwarzer, 2004). Gesundheitsfördernde Maßnahmen sind im Jugendalter allerdings aufgrund der entwicklungspsychologischen Besonderheiten dieses Alters problematisch. Jugendliche verhalten sich bewusst entgegen den Erwachsenennormen (Petermann & Winkel, 2005), nutzen Fehlverhalten als Reifesymbole und als Statushandlungen, um mit altersspezifischen Belastungen wie der Identitätssuche umzugehen (Lohaus, 1993; Seiffge-Krenke, 1994). Daher sollten gesundheitsfördernde Maßnahmen an der Lebenswirklichkeit der Jugendlichen ansetzen, wenig moralisierend wirken und Freude bereiten, um zielführend zu sein (Hurrelmann & Settertobulte, 2000). Hier könnten Maßnahmen mit dem zentralen Konzept Humor eine Möglichkeit bieten, denn Humor spielt in der Entwicklung der Jugendlichen eine zentrale Rolle (Wicki, 2000).

Humor in Lehr- Lernprozessen

Humor wird von Seiten der Lernenden als auch der Lehrenden als ein wichtiges und positives Merkmal von Unterricht eingeschätzt (Helmke, 2009). Studien zum Einfluss von Humor auf unterrichtsrelevante Variablen und Prozesse zeigen, dass über Humor Ängste reduziert werden können, die Lernatmosphäre verbessert wird, die Aufmerksamkeit und das Interesse auf Seiten der Lernenden gesteigert und die Lern- und Memorierfähigkeit verbessert werden kann (Martin, 2007). Zudem lässt sich die Lernmotivation über Humor erhöhen und Einstellungen können positiv beeinflusst und Einstellungsänderungen hervorgerufen werden (Wanzer & Frymier, 1999).

Einstellung und Verhalten

Einstellungen spielen in der Gesundheitsförderung eine besondere Rolle, da sie nach der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen & Fishbein, 1980) in enger Beziehung zum Verhalten stehen.

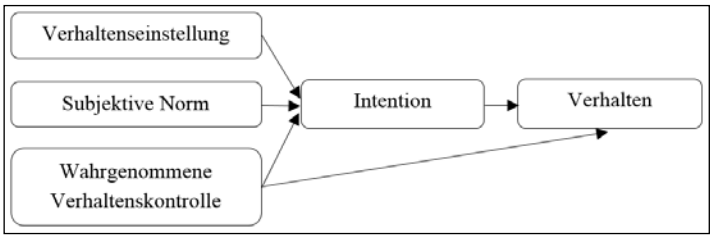


Abb. 1: Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen & Fishbein, 1980)

Dabei werden Einstellungen als bewertende Reaktionsdispositionen verstanden, die einen Einfluss auf die Intentionsbildung haben, welche wiederum das Verhalten steuert (Abb. 1). Somit nehmen auch Einstellungen zum Gesundheitsverhalten Einfluss auf das gesundheitsrelevante Verhalten selbst (Brinkmann, 2014). Nach Cacioppo et al. (1992) können Einstellungen über eine klassische Konditionierung erzeugt oder verändert werden. Dabei soll das Zielverhalten mit einem positiven Stimulus sooft gekoppelt werden, bis auch

das Zielverhalten selbst positiv bewertet wird. Emotionale Faktoren wie Humor können hier besonders wirksame Stimuli sein (Brinkmann, 2014).

Materialevaluation „Sonne und Gesundheit“

Im Rahmen einer Studie wurden zunächst für eine Sonnenschutzintervention für den Chemieunterricht acht Unterrichtsmaterialien zum Thema „Sonne und Gesundheit“ entwickelt. Im Zentrum der Unterrichtsmaterialien stehen Abbildungen mit dem Merkmal Humor (Dickhäuser, Stachelscheid & Neumann, 2013). Die Abbildung 2 zeigt ein Beispiel zum Thema UV-Strahlung.

Abb. 2: Materialbeispiel „Sonne und Gesundheit“

Um zu untersuchen, ob die Arbeit mit solchen Materialien einen Einfluss auf die Einstellung zum Sonnenschutzverhalten hat, muss nun zunächst überprüft werden, ob sich diese Materialien als emotionaler Stimulus eignen. Daher wurden in einer Vorstudie alle Materialien in Hinsicht auf den emotionalen Faktor der Attraktivität hin untersucht. Hierzu wurden n = 88 Schülerinnen und Schüler der siebten Jahrgangstufe befragt. Die Probanden sollten mittels eines adaptierten PISA-Testinstrumentes die Experimental- und Kontrollmaterialien hinsichtlich der wahrgenommenen Attraktivität bewerten. Das Testinstrument wies in dieser Untersuchung eine Reliabilität von $\alpha = .95$ auf.

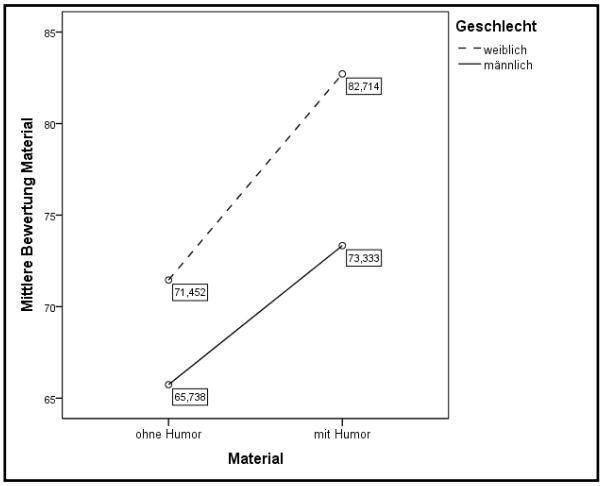


Abb. 3: Attraktivitätsbewertung des Lehr-Lernmaterials

Bei der Datenanalyse zeigte sich, dass die Materialien mit dem Merkmal Humor durch die Probanden als signifikant attraktiver wahrgenommen werden ($F(1,82) = 36.561$; $p = .001$; $\eta^2_p = .308$). Zusätzlich zeigte sich ein Haupteffekt beim Geschlecht, Mädchen bewerten das Humormaterial positiver als die Jungen ($F(1,82) = 7.546$; $p = .007$; $\eta^2_p = .084$; (Abb. 3).

Der Einfluss von Humor auf die Verhaltenseinstellung

Im Rahmen der Hauptstudie wurde der Einfluss der Humormaterialien auf die Einstellung zum Sonnenschutzverhalten innerhalb einer Experimental- Kontrollgruppenstudie mit drei Messzeitpunkten (Pre, Post und Follow-Up) untersucht. An der Studie nahmen insgesamt n = 296[1] Realschülerinnen und -schüler der siebten Jahrgangstufe teil. Für die Studie wurde eine 90-minütige Unterrichtssequenz zum Thema „Sonne und Gesundheit“ entwickelt. Für die Messung der Verhaltenseinstellung zum Sonnenschutz wurde ein neues Testinstrument konzipiert. Dabei handelt es sich um ein semantisches Differential mit neun Subskalen zu den relevanten Verhaltensweisen, angelehnt an die empfohlenen Sonnenschutzregeln. Innerhalb dieser Studie konnte eine Reliabilität von $\alpha = .91$ erreicht werden. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass nach der Sonnenschutzintervention alle Schülerinnen und Schüler eine signifikant bessere Einstellung zum Sonnenschutzverhalten aufweisen als vor der Intervention ($F(1,229) = 41.656$; $p < .001$; $\eta^2_p = .154$). Es zeigen sich allerdings keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Experimental- und Kontrollgruppe ($F(1,229) = 0.788$; $p > .05$). Eventuell sind die Effekte des Humormaterials zu gering oder nicht vorhanden, um gemessen werden zu können.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass Schülerinnen und Schüler Lehr-Lernmaterial mit dem Merkmal Humor als Unterrichtsmaterial attraktiver wahrnehmen als das entsprechende Kontrollmaterial, das Material selbst aber keinen positiveren Einfluss auf die Einstellung zum Sonnenschutzverhalten hat als das Kontrollmaterial.

Literatur

Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behavior. New Jersey: Prentice Hall

Brinkmann, R. (2014). Angewandte Gesundheitspsychologie. Hallbergmoos: Pearson

Cacioppo, J. T.; Marshall-Goodel, B. S.; Tassinary, L.G. & Petty, R. E. (1992). Rudimentary Determinants of Attitudes. Classical Conditioning is more effective when prior Knowlege about the Attitude Stimulus is low than high. Journal of Experimental Social Psychology 28, 207-233

Dickhäuser, A. Stachelscheid, K. & Neumann, J. (2013). Humorforschung und ihr Nutzen für die Unterrichtspraxis. Chemiespezifischer Humor. MNU 66/8, 480-484

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Klett

Hurrelmann, K. & Settertobulte, W. (2000). Prävention und Gesundheitsförderung im Kindes- und Jugendalter. In: F. Petermann (Hrsg.). Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie und -psychotherapie. Göttingen (u.a.): Hogrefe, 131-148

Lohaus, A. (1993). Gesundheitsförderung und Krankheitsprävention im Kindes- und Jugendalter. Göttigen (u.a.): Hogrefe

Martin, R. A. (2007). The Psychology of Humor. An Integrative Approach. London (u.a.): Elsevier

Petermann, F. & Winkel, S. (2005). Gesundheitspsychologie des Kindes- und Jugendalters. In: R. Schwarzer (Hrsg.). Gesundheitspsychologie. Göttingen (u.a.): Hogrefe

Schwarzer, R. (2004). Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Einführung in die Gesundheitspsychologie. Göttingen (u.a.): Hogrefe

Seiffge-Krenke, I. (1994). Gesundheitspsychologie des Jugendalters. Göttingen (u.a.): Hogrefe

Wanzer, M. B., Frymier, A. B. (1999). The Relationship between Student Perceptions of Instructor Humor and Student´s Reports of Learning. Communication Education 48/1, 48-62

Wicki, W. (2000). Humor und Entwicklung. Eine kritische Übersicht. Zeitschrift für Entwicklungs-psychologie und Pädagogische Psychologie, 32/4, 173-185

[1] G*Power prognostiziert signifikante Ergebnisse ab einem Sample von n = 210.

Ingo Eilks[1]
Silvija Markic[1]
Bernd Ralle[2]

[1]Universität Bremen
[2]Technische Universität Dortmund

Science Education Research and Education for Sustainable Development
22. Sommersymposium zur Chemie- und Naturwissenschaftsdidaktik

Bereits zum 22. Mal fand das traditionelle Sommersymposium zur Chemie- und Naturwissenschaftsdidaktik statt, das von dem jüngst verstorbenen Hans-Jürgen Schmidt erstmalig im Jahr 1981 ausgerichtet wurde. Im Jahr 2014 fand das Sommersymposium, nach 2006 und 2010, zum dritten Mal an der Universität Bremen statt. Ausgerichtet wurde es vom 19.-21. Juni 2014 gemeinsam von Ingo Eilks und Silvija Markic (Bremen) und Bernd Ralle (Dortmund).

Etwa 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Lehrkräfte und Studierende aus 30 Ländern diskutierten am Ende der UN-Weltdekade einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE) den aktuellen Stand der fachdidaktischen Forschung und Entwicklung in diesem Bereich und versuchten, Erfolge und auch Defizite herauszuarbeiten. Hinterfragt wurden unterschiedlichste Fragestellungen fachdidaktischer Forschung und Entwicklung. Diese betrafen etwa die genaue Verortung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule oder die Berücksichtigung der Grundideen einer *Green Chemistry* in der Hochschullehre.

Leitfragen für die Diskussion waren:

- Welche Erkenntnisse liegen aus der fachdidaktischen Forschung zum Verständnis von Lernenden und Lehrenden über Nachhaltigkeit bzw. BnE vor?
- Welche curricularen Ansätze und Unterrichtsmethoden gibt es, um BnE im naturwissenschaftlichen Unterricht an Schulen und in der Hochschullehre zu stärken und was weiß man über deren Effekte?
- Wie stehen überfachliche Konzepte einer BnE mit dem Konzept der Allgemeinbildung oder mit eher fachbezogenen Konzepten, etwa des der Scientific Literacy, in Zusammenhang?
- Gibt es erfolgreiche, evidenz-basierte Strategien zur Implementation von BnE bei gleichzeitig erfolgreichem Erwerb von Fachwissen und fachlichen Konzepten und wie sehen diese aus?
- Welche Konsequenzen hat die grundsätzlich interdisziplinäre Natur von Nachhaltigkeitsfragestellungen für den fachgebundenen Chemie- oder NW-Unterricht?
- Welche förderlichen und hindernden Faktoren beschreibt die Forschung für die Implementation einer BnE in den naturwissenschaftlichen Fachunterricht?
- Was weiß man über Einstellungen, Motivation und fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften zu Nachhaltigkeit und BnE?
- Wie wird Lehreraus- und -fortbildung bzgl. BnE umgesetzt und wie kann eine Kompetenzentwicklung gestaltet werden, sodass die Lehrkräfte BnE im naturwissenschaftlichen Unterricht erfolgreich gestalten können?

Im Einzelnen wurden 18 Plenarvorträge und 25 Kurzbeiträge/Poster vorgestellt. Die Vorträge fokussierten:

Ingo Eilks (Bremen) & Avi Hofstein (Rehovot, Israel): *The question of the relevance of science education and Education for Sustainable Development*

Franz Rauch (Klagenfurt, Österreich): *Innovations in science education through Education for Sustainable Development?*

Susanne Bögeholz & Jan Barkmann (Göttingen): *"... to help make decisions": Challenges to science education research in the 21st century:*

Jesper Sjöström (Malmö, Schweden): *Educating for critical citizenship and global sustainability: Chemical education as a case*

Alec Bodzin (Bethlehem/PA, USA): *The effectiveness of the geospatial curriculum approach on urban middle level students' climate change understandings*

Thomas Roßbegalle & Bernd Ralle (Dortmund): *Conducting Didactical Design Research to enhance students' understanding of atmospheric phenomena*

John Oversby & Jane Fieldsend (Reading, Vereinigtes Königreich): *Climate change education at a crossroads*

Rolf Hempelmann (Saarbrücken): *The German Schülerlabor: Development – position today - impact*

Nicole Garner, Antje Siol, Johannes Huwer, Rolf Hempelmann & Ingo Eilks (Bremen and Saarbrücken): *Sustainability and chemistry in non-formal student laboratories: A project to support learning about sustainability*

Petra Mischnick & Beate Faustmann (Braunschweig): *The Agnes-Pockels Student Lab at the 'Technische Universität Braunschweig' - a place to support chemical education outside school*

Martin Gröger, Daniela Krischer & Philipp Spitzer (Siegen): *Learning sustainability in an outdoor chemistry lab*

Gabriela Jonas-Ahrend (Dortmund), Yehudit Judy Dori, Hagit Refaeli Mishkin, Niva Wengrowicz (Haifa, Israel): *Sustainability - what does it mean to 8th graders? An analysis of science fair projects and posters*

Debbie Corrigan, Rebecca Cooper & Stephen Keast (Melbourne, Australien): *The role of values in chemistry education*

Andrew P. Dicks, Barbora Morra, Laura Hoch, Melanie Mastronardi & John Andraos (Toronto, Kanada): *Current Green Chemistry and sustainability teaching activities at Canadian universities*

George Bodner (West Lafayette, USA): Green Chemistry and sustainability education in the US

Mageswary Karpudewan & Zurida Ismail (Sains, Malaysia): *Route to sustainability using Green Chemistry: Experiences from Malaysia*

Yael Shwartz (Rehovot, Israel): *Models for incorporating sustainability and chemistry education*

Vania Gomes Zuin (Sao Carlos, Brasilien): *Sustainable development, Green Chemistry and environmental education in Brazil*

Shu-Nu Chang Rundgren & Carl-Johan Rundgren (Karlstad, Schweden): *SSI pedagogic discourse: embracing scientific media literacy and ESD to face the multimedia world*

Jan Nielsen & Henriette Tolstrup Holmegaard (Kopenhagen, Dänemark): *On the educational goals of innovation and employability*

Rachel Mamlok-Naaman (Rehovot, Israel): *A reform in science education in Tanzania*

Ergänzt wurden die Plenarvorträge durch kürzere Beiträge in der Postervorstellung u. a. aus Bosnien-Herzegowina, Deutschland, Georgien, Irland, Indonesien, Österreich, der Türkei, Äthiopien, Spanien, Belgien oder dem Vereinigten Königreich.

Einige ausgewählte Aspekte der Diskussion sollen hier in Kürze angerissen werden:

- Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ist ein globaler Trend in der Naturwissenschaftsdidaktik und darüber hinaus. Er steht in engem Zusammenhang mit Forderungen nach einer Fokussierung auf das Ziel einer Scientific Literacy for All im Sinne des stärkeren Nachdenkens des Beitrags des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu relevanter Bildung. Zunehmend sind hierzu theoretische Beiträge, grundlegende Modelle und praktische Umsetzungen in der fachdidaktischen Literatur verfügbar, ihre Rezeption in der Chemie- und Physikdidaktik verläuft allerdings eher langsam.

- Die UN-Dekade einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung endet mit dem Jahr 2014. Viel wurde erreicht, um den Gedanken einer Bildung für mehr Nachhaltigkeit bekannter zu machen und ein politisches Bewusstsein für dessen Wichtigkeit zu wecken. Die Implementation in die Praxis des naturwissenschaftlichen Lernens an Schule und Hochschule hat begonnen. In vielen Ländern bleibt aber auch noch viel zu tun. Dies betrifft auch den Unterricht in den Naturwissenschaften, insbesondere in Chemie und Physik sowie die dazu gehörige Lehreraus- und –fortbildung.
- Die Forschungslage zu Einstellungen und Kenntnissen von Lernenden und Lehrenden über Nachhaltigkeit und eine Bildung für eine nachhaltige Entwicklung entsteht gerade; eine Intensivierung insbesondere auch der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ist unbedingt notwendig, um eine dauerhafte und erfolgreiche Implementation von BnE im naturwissenschaftlichen Unterricht und diesbezügliche Innovationen in der Lehrerbildung entwickeln und umsetzen zu können.
- Da die Chemie so zentral für eine nachhaltige Entwicklung unserer Umwelt und Wirtschaft ist, kommt dem Chemieunterricht eine besondere Rolle bei einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung zu. Der Chemieunterricht und die Chemiedidaktik sollten diese Rolle annehmen. Sie sollten sie gleichermaßen als Herausforderung und Chance verstehen, die Relevanz, das Empfinden der Relevanz bei den Lernern und damit die Motivation beim Lernen von Naturwissenschaften und insbesondere von Chemie zu steigern. Ähnliches könnte man für die Bereiche Physik und Technik formulieren.
- Innerhalb der Chemie nimmt das Lernen über die Grundideen einer *Green Chemistry* eine besondere Stellung ein. Da bei der *Green Chemistry* ein relativ klar definierter Rahmen vorliegt, kann dieser auch konsequent in die Ausbildung an der Hochschule integriert werden. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Beispielen aus den unterschiedlichsten Ländern, etwa Brasilien, Malaysia oder die USA. Ob ein Lernen über die Grundideen der *Green Chemistry* aber auch bereits in der Schule stattfinden kann und sollte, ist eine weitgehend unbeantwortete Frage. Hierfür fehlen geeignete Konzepte und es fehlt eine klare Basis, entlang welcher Beispiele und unter Berücksichtigung welchen Vorwissens dies geschehen könnte.
- Schwerer als mit dem Prinzip einer *Green Chemistry* tut sich die Ausbildung in Chemie sowohl an Schulen wie an Hochschulen mit der Implementation eines Lernens über weniger scharf definierte Konzepte von Nachhaltigkeit bis hin zur Schulung eines mehrdimensionalen Nachhaltigkeitsdenkens. Anleihen aus und Verbindungen zu anderen Bereichen könnten hier helfen, das starre Fächerdenken aufzubrechen. Verbindungen etwa zur Mediendidaktik (hin zu einer Civic Science Media Literacy) oder dem Politik-, Wirtschafts- und Geographieunterricht mit deren entsprechenden Fachdidaktiken können hier hilfreich sein, die Position des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu diesen Herausforderungen zu hinterfragen, zu schärfen und zu entwickeln.

Eine ausführlichere Darstellung der einzelnen Beiträge und eine Reflektion der Diskussion findet sich in Eilks, Markic & Ralle (2014). Das nächste Sommersymposium wird im Frühsommer 2016 in Dortmund stattfinden.

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Nolting-Hauff-Stiftung, Bremen, für die großzügige finanzielle Unterstützung des Symposiums.

Literatur

Eilks, I., Markic, S., & Ralle, B. (Hrsg.) (2014). Science Education Research and Education for Sustainable Development. Aachen: Shaker.

Marlies Gauckler
Theresa Schulte
Claus Bolte

Freie Universität Berlin

Aspekte naturwissenschaftlicher Bildung im europäischen Meinungsbild

Abstract
Im Rahmen des PROFILES-Projekts (siehe www.profiles-project.eu; Bolte et al., 2012; 2014; Bolte & Rauch, 2014) wurde in 19 Ländern die (Inter-)Nationale Curriculare Delphi Studie ‚Naturwissenschaftliche Bildung' durchgeführt (Bolte, 2003; 2008; Schulte & Bolte, 2012; 2013; Bolte & Schulte, 2014; Gauckler, Schulte & Bolte, 2014). Dabei wurden mehr als 2.700 Personen (sog. Experten bzw. Stakeholder) befragt. Im Zuge der Studie wurden zunächst relevante Aspekte naturwissenschaftlicher Bildung ermittelt und diese dann hinsichtlich ihrer Wichtigkeit und ihrer derzeitigen Umsetzung im Unterricht analysiert.
Die vorliegenden qualitativ und quantitativ ermittelten Ergebnisse geben Auskunft über die Bedeutsamkeit, die die Teilnehmer der Studie den verschiedenen Aspekten naturwissenschaftlicher Bildung beimessen. Sie gewähren außerdem Einblick in den jeweils wahrgenommenen Grad der Umsetzung dieser Aspekte. Darüber hinaus lassen sich solche Aspekte identifizieren, die als besonders wichtig angesehen werden, jedoch – nach Ansicht der befragten Experten – in der gegenwärtigen Bildungspraxis zu wenig Berücksichtigung finden. Unsere Ergebnisse eröffnen somit Anregungen, in welchen Bereichen naturwissenschaftlicher Bildungspraxis optimiert werden kann.

Einleitung

Ein Großteil der Europäer erachten naturwissenschaftliche Bildung als sehr wichtig für junge Menschen, kritisieren jedoch naturwissenschaftlichen Unterricht als nicht zufriedenstellend (OECD, 2010; EC, 2007). Demzufolge stellt sich die Frage: *Wie müsste naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet werden, um junge Menschen dabei zu unterstützen, ihren Platz als Bürger/-innen in der Gesellschaft von morgen zu finden und um die Zukunft europäischer Innovation und Forschung sicher zu stellen?* Antworten erwarten wir von der (Inter-) Nationalen Curricularen Delphi-Studie ‚Naturwissenschaftliche Bildung'.

Eckpunkte der (Inter-)Nationalen Curriculare Delphi-Studie ‚naturwissenschaftliche Bildung'

Die (Inter-)Nationale Curriculare Delphi-Studie ‚naturwissenschaftliche Bildung' umfasst gegenwärtig (Stand: Mitte September 2014) 20 nationale Delphi-Studien, die zeitgleich in 19 Ländern durchgeführt wurden (siehe Stichprobe). Ein Ziel dieser Studie ist es, Einblicke in die Auffassungen von Stakeholdern gegenüber wünschenswertem, zeitgemäßem naturwissenschaftlichen Unterricht auf (inter-)nationaler Ebene zu erhalten. Zusätzlich werden Einblicke in die Praxis naturwissenschaftlichen Unterrichts in Europa durch Vergleiche der jeweils nationalen Delphi-Ergebnisse angestrebt.

Forschungsfragen

An die Internationale Curriculare Delphi-Studie ‚naturwissenschaftliche Bildung' und somit an unsere Meta-Analysen haben wir folgende Forschungsfragen gerichtet:

- Inwiefern kann in den Rückmeldungen der Stakeholder eine Art "europäischer Konsens" über relevante Aspekte naturwissenschaftlicher Bildung nachgewiesen werden?
- Für wie wichtig werden die identifizierten Aspekte, aus europäischer Perspektive betrachtet, erachtet?

- Inwiefern werden die identifizierten Aspekte zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Bildung, aus europäischer Sicht, im naturwissenschaftlichen Unterricht bereits umgesetzt?
- Wie groß fallen die Differenzen bzgl. dieser Aspekte in Bezug auf Wichtigkeit (Priorität) und Umsetzung (Praxis) aus?

Stichprobe der Meta-Analyse in Runde 1 und 2
Die Stichprobe der hier vorgestellten Ergebnisse setzt sich wie folgt zusammen:
- Runde 1: 20 Berichte aus 19 Länder - 2.706 Stakeholder
- Runde 2: 18 Berichte aus 17 Länder - 1.867 Stakeholder

Ergebnisse aus den Meta-Analysen in Runde 1 und 2
Um die von den Partner-Instituten gesammelten Daten vergleichen zu können, wurde zunächst ein Kategoriensystem entwickelt, dessen 88 Kategorien weitgehend den Kategorien entsprechen, die unabhängig vom nationalen Kontext auch von europäischen Stakeholdern genannt wurden (siehe Gauckler, Schulte & Bolte, 2014). Anschließend wurden Prioritäts- und Praxisbewertungen von den Stakeholdern gesammelt und 'Priorität-Praxis-Differenzen' berechnet. Die Ergebnisse zeigen, welche Erwartungen an naturwissenschaftlichen Unterricht gerichtet und inwiefern diese in der Praxis europaweit eingelöst werden (Gauckler, Schulte & Bolte, 2014). Vor allem die analysierten Priorität-Praxis-Differenzen verdeutlichen, in welchen Belangen – europaweit betrachtet – besonderer Handlungsbedarf zu bestehen scheint (s. Abb. 1).

Abb. 1: Aspekte mit besonders großer Priorität-Praxis-Differenzen (PPD > 1.14)

Fazit
Die Meta-Analysen bzgl. der Rückmeldungen zu Runde 1 und 2 bringen zum Vorschein, dass ein gewisser Konsensus zwischen den Stakeholdern der teilnehmenden Länder bzgl. der als relevant erachteten Aspekte zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterrichts konstatiert werden kann. Den Prioritätseinschätzungen folgend werden allgemeine Fähigkeiten und übergeordnete Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens und Argumentierens als besonders wichtig erachtet; diese Qualifikationen setzen grundlegendes naturwissenschaftliches Wissen sowie ein hohes Maß an intrinsischer Motivation voraus. Im Gegensatz dazu sind momentan im naturwissenschaftlichen Unterricht jedoch besonders die Inhalte und Konzepte der fachwissenschaftlichen Curricula präsent. Während die naturwissenschaftlichen Sachverhalte der Teildisziplinen eine relative gute Passung zwischen Wichtigkeit und Umsetzung aufweisen, sind die als besonders wichtig beurteilten Qualifikationen im naturwissenschaftlichen Unterricht deutlich unterrepräsentiert.

Ausblick

Gegenwärtig arbeiten wir an der Auswertung der Rückmeldungen aus Runde 3. Gegenstand dieser Runde im PROFILES Projekt durchgeführten Curricularen Delphi Studie war und ist es, empirisch identifizierte „Konzeptionen wünschenswerter naturwissenschaftlicher Bildung“ einer beurteilenden Einschätzung zu unterziehen. Diese Entscheidung trägt der Überlegung Rechnung, die in Runde 2 betrachteten Einzelaspekte aus ihrer ‚Isolierung‘ zu lösen. Die clusteranalytisch identifizierten „Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung“ eröffnen die Möglichkeit, die empirisch fundierten Konzeptionen vor dem Hintergrund ihrer schulstufen-spezifisch Relevanz und Umsetzung von den beteiligten Experten/Stakeholder beurteilen zu lassen. – Erkenntnisse aus diesen (Meta-)Analysen werden wir gewiss auf der kommenden GDCP Jahrestagung in Berlin vorstellen.

Literatur

Bolte, C. (2003). Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit – Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. ZfDN, 9, 7-26.

Bolte, C. (2008). A Conceptual Framework for the Enhancement of Popularity and Relevance of Science Education for Scientific Literacy, based on Stakeholders' views by Means of a Curricular Delphi Study in Chemistry. Science Education International, 19(3), 331-350.

Bolte, C., S. Streller, J. Holbrook, M. Rannikmae, A. Hofstein, R. Mamlok Naaman, & F. Rauch (2012). Introduction into PROFILES - Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science. In Bolte, C., Holbrook, J., & Rauch, F. (eds.). Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project. Berlin: Freie Universität Berlin. Print: University of Klagenfurt (Austria), pp. 31-42.

Bolte, C., Holbrook, J., Mamlok Naaman, R., & Rauch, F. (2014; eds.). Science Education and Teachers Continuous Professional Development in Europe: Case Studies from the PROFILES Project. Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., & Rauch, F. (2014; eds.). Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers Continuous Professional Development in Europe: Insights and reflections on PROFILES and other Projects funded by the European Commission. Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., T. Schulte (2014). Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. Bonn: Dümmler Verlag. Jg. 67, Heft 6, S. 370-376.

European Commission (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Gauckler, M., Schulte, T., & Bolte, C.(2014). Aspects of Science Education from a European Perspective – First Results from a Meta-analysis of the International PROFILES Curricular Delphi Study on Science Education. In: C. Bolte, & F. Rauch, (Eds.). Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' Continuous Professional Development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission (pp. 127-135). Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

OECD. (2010). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading,Matematics and Science (Volume I). http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf

Schulte, T., & Bolte C. (2012). European Stakeholders Views on Inquiry Based Science Education – Method of and Results from the International PROFILES Curricular Delphi Study on Science Education Round 1. Bolte, C., Holbrook, J., & Rauch, F. (eds.). Inquiry-based Science Education in Europe: First Examples and Reflections from the PROFILES Project. Berlin: Freie Universität Berlin Germany / Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria), pp. 42-51.

Schulte, T., Bolte, C. (2013). Naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild internationaler Stakeholder. S. Bernholt (Hg.): Inquiry-based learning - Forschendes Lernen. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. http://www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/145-tagungsbaende/2013/4220-band33. S. 189-191. Stand und Zugriff: 06.03.2013 – 19:00 Uhr.

Christian Salinga[1]
Heidrun Heinke[1]
Gabriele Jonas-Ahrend[2]
Heike Theyßen[3]
Ursula Bahr[4]
Roger Erb[4]

[1]RWTH Aachen
[2]Technische Universität Dortmund
[3]Universität Duisburg-Essen
[4]Universität Frankfurt

MILeNa - ein überregionales Programm zur MINT-Lehrernachwuchsförderung

Im Herbst 2013 startete ein überregionales Nachwuchsförderprogramm für Schülerinnen und Schüler, die an einem MINT-Lehramtsstudium interessiert sind. In das Förderprogramm können Schulen aus dem Verein MINT-EC aufgenommen werden, die über drei Jahre hinweg je fünf bis zehn Schülerinnen und Schülern der 10. Klasse langfristig Gelegenheiten zu Lehraktivitäten im MINT-Bereich der eigenen Schule geben wollen. Aus der Perspektive der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler dauert das Förderprogramm zwei Jahre und umfasst neben den Lehrgelegenheiten an der eigenen Schule sechs eintägige Veranstaltungen an einer lehrerausbildenden Hochschule, einen mehrtägigen Schüleraustausch mit einer anderen Partnerschule aus dem Förderprogramm sowie eine zweitägige Exkursion. Dabei ist das Programm unterlegt mit vielen Gelegenheiten zur Netzwerkbildung mit Gleichaltrigen, die ebenfalls Interesse am MINT-Lehrerberuf haben. Ein Jahr nach dem Start des Programms, das dankenswerterweise von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung finanziert und vom Programmpartner MINT EC e.V. unterstützt wird, liegen erste Erfahrungen zur Umsetzung des Förderprogramms vor.

Motivation und Grundideen des Programms

Aufgrund der Beobachtung eines deutlichen Lehrkräftemangels in MINT-Fächern wie Physik, Informatik, Chemie und Mathematik (Korneck et al., 2010; Süßlin, 2012) wurde 2013 das Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung gestartet (Heinke & Borowski, 2014). Das Programm ist im Verein MINT-EC angesiedelt, dessen Netzwerk aktuell 212 zertifizierte Schulen mit rund 230.000 Schülerinnen und Schülern sowie 18.000 Lehrkräften umfasst (MINT-EC, 2014).

Dabei fußt die Programmkonzeption auf den Grundideen, dass (i) am MINT-Lehramt interessierte Schülerinnen und Schüler frühzeitig identifiziert und längerfristig in einem Netzwerk begleitet werden, (ii) diesen Jugendlichen Angebote unterbreitet werden sollen, damit sie sich als Lehrende im MINT-Bereich ausprobieren können, (iii) mit hoher Wahrscheinlichkeit einige Schulen sehr gute Ideen zur MINT-Lehrernachwuchsförderung umsetzen, deren Verbreitung als *best practice* auch im Rahmen des Förderprogrammes angestrebt wird. Das Netzwerk der MINT-EC-Schulen bietet aufgrund des intensiven Zertifizierungsprozesses für solche Schulen einen besonders vielversprechenden Rahmen für dieses Nachwuchs-Förderprogramm, weil zum einen sichergestellt ist, dass diese Schulen den Programmteilnehmenden umfangreiche Lehrgelegenheiten im MINT-Bereich bieten können. Zum anderen darf aufgrund des hohen Anforderungsniveaus im Zertifizierungsprozess auch unterstellt werden, dass es unter den MINT-Lehrkräften der Schulen sehr sichtbare positive Rollenvorbilder für am MINT-Lehramt interessierte Schülerinnen und Schüler gibt. Angesichts niedriger Studienerfolgsquoten in MINT-Lehramtsstudiengängen, die zum erheblichen Teil auf fachliche Defizite der Studierenden zurückgeführt werden (Albrecht & Nordmeier, 2012), sprach auch die Erwartung fundierter Vorkenntnisse im MINT-Bereich bei Absolventen von MINT-EC-Schulen für die Ansiedelung des Förderprogramms in diesem Schulnetzwerk.

Erste Erfahrungen zu den eingegangenen Bewerbungen
Im Rahmen von MILeNa gab es zwei Ausschreibungen, bei denen sich MINT-EC-Schulen um Aufnahme in das Förderprogramm bewerben konnten.

Tab. 1: *Zahl der Schulen, die sich für das Förderprogramm MILeNa beworben haben, aus ganz Deutschland und aus Nordrhein-Westfalen (NRW) im Vergleich mit der aktuellen Gesamtzahl der ins Programm aufgenommenen Schulen und aller MINT-EC-Schulen*

	insg.	NRW
Zahl der Schulbewerbungen 2013	8	8
Zahl der Schulbewerbungen 2014	12	6
Zahl der MILeNa-Schulen 2014	11	7
Schulen im MINT-EC e.V. 2014	212	54

Wie Tab. 1 entnommen werden kann, haben sich auf die erste Ausschreibung im Frühjahr 2013 acht Schulen beworben, die sämtlich aus Nordrhein-Westfalen (NRW) stammen. Dieser Umstand reflektiert einerseits den hohen Anteil nordrhein-westfälischer Mitgliedsschulen im Verein MINT-EC, kann andererseits aber auch der zeitlichen Platzierung der Ausschreibung und der starken Sichtbarkeit der RWTH Aachen in der Programmbeschreibung geschuldet gewesen sein. In der zweiten im Februar 2014 veröffentlichten Ausschreibungsrunde haben zwölf Schulen Bewerbungsunterlagen eingereicht, von denen wiederum die Hälfte aus NRW stammt. In dieser Runde gab es darüber hinaus Bewerbungen aus Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Bayern.
Inhaltlich hat sich schon die Erwartung (iii) bestätigt, dass an einigen Schulen bereits beeindruckende Initiativen zur Lehrernachwuchsförderung im MINT-Bereich umgesetzt werden. Beispielhaft sei das Projekt „Die Großen mit den Kleinen“ am Gymnasium Adolfinum in Moers genannt, in dem Schülerinnen und Schüler der Einführungsphase nach einer dreitägigen pädagogischen Vorbereitung Grundschulkinder in den Fachräumen des Gymnasiums unterrichten. Dieser Ansatz wurde im Rahmen von Lehrerfortbildungen im Netzwerk der MINT-EC-Schulen präsentiert und findet, wie auch aus den Bewerbungsunterlagen anderer Schulen ersichtlich wurde, bereits mehrfach Nachahmung.

Erste Erfahrungen zur Umsetzung des Programms
Die vier Teilnehmerschulen der Pilotphase des MILeNA-Projektes haben die maximale Zahl von 10 Schülerinnen und Schülern, die pro Jahrgang an dem Programm teilnehmen können, fast ausgeschöpft, sodass bislang 38 Teilnehmende an ihren Schulen vielfältige Lehrgelegenheiten mit zumeist jüngeren Schülerinnen und Schülern wahrgenommen haben (vgl. Erwartungen (i) und (ii)). Zusätzlich haben die Teilnehmenden im ersten Projektjahr vier ganztägige Hochschulveranstaltungen zu fachdidaktischen Themen (vgl. Heinke & Borowski, 2014) besucht, die eigens für sie entwickelt wurden. Diese fanden als gemeinsame Veranstaltungen für die Programmteilnehmenden aus je zwei Schulen statt, was gleichermaßen dem Netzwerkgedanken zugutekam und zu diskussionsförderlichen Gruppengrößen führte. Im Regelfall bereiten die Schülerinnen und Schüler die Veranstaltungen vor- und/oder nach und beteiligen sich bei den Veranstaltungen selbst sehr engagiert in den Arbeitsphasen. In zwei Veranstaltungen wurden beispielsweise elementare Aspekte von Unterrichtsgestaltung behandelt, einerseits, um einen Einblick in die Ausbildung und die Tätigkeit von Lehrkräften zu vermitteln, andererseits, um den Schüleraustausch vorzubereiten.
In dem Schüleraustausch sollten die Teilnehmenden nach den ursprünglichen Planungen eine Woche lang an einer Partnerschule MINT-Lehrkräfte im Unterricht begleiten und dabei auch selbst in den Hochschultagen vorbereitete Unterrichtssequenzen gestalten. Da die Unterbringung der einzelnen Teilnehmenden, soweit möglich, jeweils bei Teilnehmenden der Partnerschule erfolgte, diente der Schüleraustausch ebenfalls einer intensiven Netzwerkbil-

dung. In der Planungsphase des Förderprogramms war ursprünglich vorgesehen, den planbaren Unterrichtsausfalls für die Programmteilnehmenden zu minimieren und deshalb Partnerschulen in verschiedenen Bundesländern so zu koppeln, dass die Schülerinnen und Schüler in ihren eigenen Ferien Unterrichtserfahrungen in einem anderen Bundesland sammeln könnten. Da alle geförderten Schulen in der Pilotphase in NRW lagen, ergab sich diese Option nicht, sodass im ersten Jahrgang der Austausch auf drei Schultage gekürzt wurde und jeweils zwischen zwei Schülergruppen erfolgte, die gemeinsame Hochschulveranstaltungen besucht hatten. Im Rückblick hat es sich für die Akzeptanz des Schüleraustausches als sehr hilfreich erwiesen, dass sich die Teilnehmenden vor dem Austausch bereits an vier Veranstaltungstagen an der Hochschule intensiver kennenlernen konnten, sodass die Umsetzbarkeit der ursprünglichen Konzeption für den neuen Jahrgang zu prüfen ist. Bei einigen Schulen und Teilnehmenden hat die Option der Übernachtung in einer Jugendherberge o. ä. statt privat bei Austauschpartnerinnen und- partnern Bedenken gegen den Schüleraustausch ausgeräumt. Dieser Aspekt ist durchaus zu beachten, um Schülerinnen und Schülern mit einem breiten soziokulturellen Hintergrund die Chance auf eine Programmteilnahme zu eröffnen. Im Rückblick auf das erste Programmjahr wurde der Schüleraustausch als besonders positiver Programmteil mit dem nachhaltigsten Eindruck benannt.

Anstehende Programmaktivitäten

Für den ersten Jahrgang stehen im zweiten Programmjahr noch zwei weitere Hochschultage sowie eine zweitägige Exkursion zum Thema „außerschulische Lernorte“ an. Die Wünsche der Programmteilnehmenden aufgreifend sollen zudem Lehramtsstudierende verschiedener MINT-Fächer gewonnen werden, die den Schülerinnen und Schülern im zweiten Programmjahr als Mentorinnen und Mentoren zur Verfügung stehen.

Im Herbst 2014 fand dann die zentrale Auftaktveranstaltung für alle Teilnehmenden des ersten Programmjahres des zweiten Jahrgangs im MILeNa-Projekt statt. In die Betreuung dieser 11 Schulen aus 4 Bundesländern sind nunmehr sechs Hochschulen eingebunden. Die vier Schulen der Pilotphase nehmen den zweiten Jahrgang von Schülerinnen und Schülern in das Programm auf und können deshalb auf umfangreichen Vorerfahrungen aufbauen, von denen auch die neu aufgenommenen Schulen profitieren. Bei dem damit anstehenden Ausbau des Förderprogramms in der Breite wird es darauf ankommen, die Erfahrungen der Pilotphase in die aktuelle Betreuung durch die Hochschulen sinnvoll einfließen zu lassen und Synergien im Programm effektiv zu nutzen, ohne die Autonomie der Akteurinnen und Akteure auf Hochschulseite zu stark zu beschneiden. Nur so kann die geplante Evaluation die Wirksamkeit eines hinreichend kohärenten Förderprogramms und nicht den Effekt von unterschiedlichen Einzelmaßnahmen messen. In dieser Programmphase wird es zusätzlich darum gehen, ein leistungsfähiges Netzwerk der beteiligten Hochschulen und Schulen aufzubauen und für weitere Einrichtungen zu öffnen, die an der MINT-Lehrernachwuchsförderung interessiert sind.

Literatur

Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2012). Studieneingangsphase im Fach Physik: Befunde und Interventionsmaßnahmen. In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 260-262). Münster: LIT.

Heinke, H. & Borowski, A. (2014). Das Ende des MINT-Lehrermangels - ein Ansatz durch Nachwuchsförderung. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 435 - 437). Kiel: IPN.

Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R., Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik, Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

MINT-EC (2014). <http://www.mint-ec.de> abgerufen am 28.10.2014

Süßlin, W. (2012). Lehrer in Zeiten der Bildungspanik, Studie im Auftrag der Vodafone Deutschland

Fabian Leiß RWTH Aachen
Ralf Detemple
Heidrun Heinke

Planspiel zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NAW) im Schülerlabor

Einleitung

Schülerlabore als außerschulische Lernorte sind geeignet, das Interesse von Schülerinnen und Schülern (SuS) an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu steigern. Untersuchungen zeigen, dass Schülerlabore bereits bei einmaligen Besuchen und ohne konkreten Unterrichtsbezug einen positiven Einfluss auf das Interesse der SuS an Naturwissenschaft und Technik haben können (Engeln, 2004). Bei vielen Schülerlaboren sollen allerdings Themen wie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW) durch freies Experimentieren und moderne Ausstattung quasi „en passant“ gelernt werden. Die Annahme, dass eine solche implizite Thematisierung zur gewünschten Änderung der Ansichten der SuS bezüglich NAW führt, wird durch Studien aber nicht bestätigt (Uhlmann & Priemer, 2008). Eine explizite Thematisierung von Aspekten der NAW führte hier jedoch zu einer positiven Entwicklung.

Aufbau des Schülerlabors

An der RWTH Aachen wird ein Schülerlabor mit enger Anbindung an den Sonderforschungsbereich 917 aufgebaut. Dieser Sonderforschungsbereich hat die Entwicklung von Nanoswitches zum Ziel. Diese resistiv schaltenden Speichereinheiten sollen in zukünftigen Elektronikanwendungen universell einsetzbar sein. Für das Schülerlabor wurde das Schwerpunktthema Phasenwechselmaterialien ausgewählt. Die Kombination eines Schülerlabors mit einem interdisziplinären Forschungsbereich bietet großes Potential, wie bereits das klick!:labor und der SFB 677 zeigen (Schwarzer et al., 2013). In unserem Fall bedeutet die Anbindung des Schülerlabors an den Sonderforschungsbereich erstens die Behandlung eines Themenbereichs aus der aktuellen Forschung und zweitens die Gelegenheit den SuS Einblicke in reale Labore und persönliche Gespräche mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu ermöglichen. Mit dem Einblick in Methoden und Ziele aktueller Forschungsaktivitäten wird dabei einem Defizit begegnet, das nach der europaweiten Studie PROFILES den gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland, wie auch in vielen weiteren Ländern Europas, kennzeichnet (Bolte, 2013). Der zweite Aspekt ist für das Konzept des aufzubauenden Schülerlabors wichtig, das nicht nur Merkmale eines klassischen Schülerlabors aufweisen soll, sondern auch auf die Vermittlung von NAW Wert legt. Gelingen soll dies durch ein Planspiel sowie durch eine explizite Thematisierung einiger Aspekte von NAW.

Konzept und Planspiel

Im Mittelpunkt der Konzeption des Schülerlabors steht das forschende Experimentieren der SuS an experimentellen Stationen. Ihre Bearbeitung ist in ein Planspiel eingebettet, das den SuS den kooperativen Charakter heutiger Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verdeutlichen soll. Dazu werden Versuche entwickelt, die von den SuS in der Gruppenarbeitsphase durchgeführt werden. Zunächst richten sich diese Versuche an die SuS der Mittelstufe. Nach einer Einführung ins Thema und einer Thematisierung von NAW-Aspekten beginnt das Planspiel, bei dem die SuS in die Rolle von Wissenschaftler/-innen schlüpfen, um reale Bedingungen in Forschungsgemeinschaften nachzuempfinden. Das Erleben von NAW wird durch folgende Aspekte intensiviert:

- Verdeutlichung des Anwendungsbezuges von wissenschaftlichen Untersuchungen
- Aufteilung in Forschergruppen zu speziellen Themen
- Gemeinsames Forschungsziel verschiedener/aller Gruppen
- Interaktion zwischen den Gruppen durch zusammenhängende Aufgabenstellungen (Beispiel 1: Herstellung von Proben durch eine Gruppe, Charakterisierung dieser Proben durch eine andere Gruppe; Beispiel 2: Speicherung von Daten in einer Probe durch eine Gruppe, Auslesen dieser Daten durch eine andere Gruppe)
- Authentizität durch „Konferenzen“ zur Diskussion der Ergebnisse und „Veröffentlichungen“ anderer SuS

Das Planspiel dient dazu, sich stärker mit der Rolle von Wissenschaftlern zu identifizieren und in Folge dessen damit auseinanderzusetzen, indem neben dem Experimentieren auch Tätigkeiten wahrgenommen werden wie:

- Rücksprache zu anderen Forschungsgruppen zu übernehmen, um die eigenen Experimente (und das gemeinsame Ziel) voranzubringen
- Diskussion und Interpretation der Untersuchungen in der Gruppe
- Präsentation der Ergebnisse in Konferenzen und Veröffentlichungen

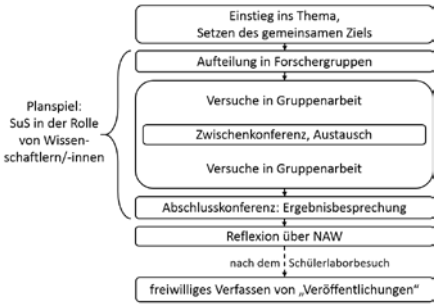


Abb. 1: Schematischer Ablaufplan eines Schülerlaborbesuches mit NAW-Planspiel

So erleben die SuS, dass ihre Ergebnisse von den Forscherkollegen und für das Gemeinschaftsprojekt gebraucht werden. Nach einer abschließenden Konferenz zur Ergebnissicherung folgt eine Reflexion über NAW. Dabei wird mit den Vorstellungen vor Beginn des Planspiels verglichen und die Wahrnehmung während des Planspiels erörtert. Nach dem Schülerlaborbesuch können die SuS freiwillig ihre Ergebnisse und Eindrücke als Veröffentlichungen zusammenfassen. Besonders aussagekräftige Veröffentlichungen werden prämiert und können von nachfolgenden SuS genutzt werden.

Erste Versuchsentwicklungen

Eine wichtige Voraussetzung für das Lernen im konstruktivistischen Sinne ist die Anknüpfbarkeit an bereits vorhandenes Wissen. Dazu ist es vorteilhaft, Beispiele zu finden, die den SuS aus ihrem Alltag bekannt sind und ihnen so einen ersten Zugang zu aktuellen Forschungsthemen bieten. Im konkreten Fall der Phasenwechselmaterialien begegnet man diesen in Form von optischen Speichern wie Blu-ray, DVD oder CD-RW. Auf deren Rohlingen mit Phasenwechselmaterial erzeugt ein Laser im entsprechenden Brenner-Laufwerk eine Abfolge von kristallinen und amorphen Bereichen des Phasenwechselmaterials, die für die weitere Datenverarbeitung als 0 und 1 interpretiert werden. Unter dem Mikroskop lassen sich die Bereiche beider Phasen schon bei 100facher Vergrößerung unterscheiden. Der Prozess des Übergangs zwischen den Phasen kann lichtmikroskopisch allerdings nicht sichtbar gemacht werden, sodass hierfür auf ein Analogie-Experiment zurückgegriffen wird. Als Modellsystem für Phasenwechselmaterialien wird Natriumacetat-Trihydrat gewählt, weil die SuS mit diesem ungefährlichen und kostengünstigen Salzhydrat selbständig experimentieren können und der Phasenwechsel deutlich wahrzunehmen ist. Im Alltag begegnet man diesem Material oft in Form von Taschenwärmern. Durch Erhitzen löst sich das Salzhydrat in dem „Kissen“ und bleibt flexibel und durchsichtig bis es durch Knicken eines Metallplättchens zur Kristallisation gebracht und dabei fest und weiß wird. Während des Kristallisationsvorgangs gibt das Natriumacetat-Trihydrat seine beim Erhitzen aufgenommene und gespeicherte Wärme wieder ab. Anschließend ist das Kissen vollständig kristallisiert und muss vor dem nächsten Gebrauch zunächst wieder erwärmt werden.

Um diesen Phasenwechsel genauer zu untersuchen, steht in einer experimentellen Station eine Infrarotkamera zur Verfügung. Die SuS können Lösungen mit verschiedenen Konzentrationen des Natriumacetats ansetzen und anschließend die Entwicklung der Temperatur während der Kristallisation untersuchen. Die Abbildung 2 zeigt eine Aufnahme eines solchen Kristallisationsprozesses mit der Infrarotkamera. Die in Weiß (heller) dargestellten Stellen erreichen Temperaturen bis 59°C und lassen durch ihre Struktur erkennen, dass das Natriumacetat-Trihydrat hier bereits kristallisiert ist, während der rechte Bildteil außerhalb des Gefäßes deutlich kühler und daher in der Aufnahme dunkel dargestellt ist.

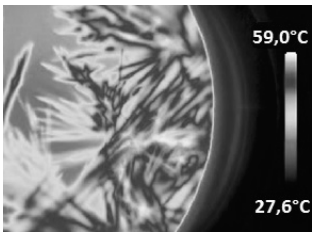


Abb. 2: Infrarot-Aufnahme während des Kristallisationsprozesses von Natriumacetat-Trihydrat

In einer weiteren experimentellen Station können die SuS mit der Digitalkamera die Kristallisationsgeschwindigkeit von Natriumacetat-Trihydrat analysieren. Durch gezieltes Auslösen der Kristallisation (Abb. 3) kann die Ausbreitung der Kristallisationsfront sehr gut beobachtet und gefilmt werden. Mithilfe eines Videoanalyseprogrammes kann anschließend die Kristallisationsgeschwindigkeit bestimmt werden und der Zusammenhang mit der Temperatur der Lösung hergestellt werden. Zudem kann in einem der Experimente die elektrische Leitfähigkeit des Natriumacetat-Trihydrats in den beiden Phasen gemessen werden, wobei ganz analog zum Phasenwechselmaterial im Datenspeicher eine deutliche Änderung der Leitfähigkeit beim Phasenwechsel festgestellt wird. Auch hier können die SuS die Einflüsse der Temperatur und der Konzentration des Natriumacetats auf die elektrischen Eigenschaften untersuchen.

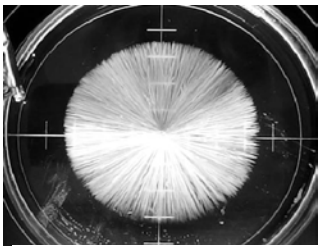


Abb. 3: Natriumacetat-Trihydrat während des Kristallwachstums (in Weiß) ausgehend von der Mitte

Ausblick

Die oben skizzierten experimentellen Stationen des Schülerlabors werden durch die Entwicklung und didaktische Aufbereitung von weiteren Versuchen ergänzt. Mögliche Themenfelder sind:

- ein Einstieg in die Nanowelt
- die Reproduzierbarkeit von Experimenten (als NAW-Aspekt)
- Einblicke in Kristallgitterstrukturen
- Speichern und Lesen von Daten

Die Wirksamkeit der Aktivitäten im Schülerlabor bezüglich der Vorstellungen zu NAW der Teilnehmer soll in einer Studie im Prä-Post-Design überprüft werden.

Literatur

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

Uhlmann, S., Priemer, B. (2008). Können Schülerlabore Ansichten über Naturwissenschaften ändern?,

Bolte, C., Streller, S. (2013). PROFILES: Education through Science - Bildung durch Naturwissenschaften,

Schwarzer, S., Rudnik J., Parchmann I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter: Fachdidaktische Begleitung eines Sonderforschungsbereiches, CHEMKON 2013, 20, Nr. 4, 175-181, Wiley-VCH Verlag

Alexander Engl Universität Koblenz-Landau
Björn Risch

CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur

Ausgangslage

Wenn sich die aktuellen sozial-ökologischen Entwicklungsprozesse so fortsetzen und entwickeln wie in den letzten Jahren, führt dies notwendigerweise zu einer Reihe massiver Konsequenzen für die menschliche Bevölkerung: Globale Veränderungen (Klimawandel, Ressourcenverknappung, stoffliche Umweltbelastung etc.) werden unsere lokale Umgebung in absehbarer Zukunft merklich beeinträchtigen. Diese Entwicklung kann ohne den Einsatz einer jeden und eines jeden Einzelnen vor Ort, verbunden mit einer Intensivierung des Wissens um die Konsequenzen ihres oder seines Handeln nicht aufgehalten werden. Daher gilt es, insbesondere Kinder und Jugendliche für das forschende Lernen in der Natur zu sensibilisieren und Interesse für Umweltprozesse zu wecken. In Bildungs- und Freizeitinstitutionen stehen ihnen jedoch immer weniger offene, ungestaltete Räume zur Verfügung (Gebhard, 2013). Dabei belegen zahlreiche Studien die positiven Wirkungen von Naturerfahrungen auf die physische und psychische Gesundheit, ebenso wie auf die soziale Entwicklung (Gebhard, 2013; Bucher, 2009). Kinder und Jugendliche, die mehrmals pro Woche draußen herumtoben, sind glücklicher und seltener traurig, besonders wenn sie mehr anregende Umgebung im Freien registrieren (Bucher, 2009). Aktuell leben sie jedoch zunehmend in einer virtuellen Welt sogenannter sozialer Netzwerke: Die Ergebnisse der aktuellen JIM-Studie zeigen, dass deutsche Jugendliche im Alter zwischen zwölf und 19 Jahren täglich (Mo-Fr) 178 Minuten online sind (mpfs, 2013). Der Großteil dieser Zeit (75 %) wird in Online-Communities verbracht (Nutzung mindestens mehrmals pro Woche) (ebd.). Diese Entwicklung zu einer verstärkt elektronischen Kommunikation sollte nicht ignoriert, sondern sinnvoll mitgestaltet und genutzt werden, um Jugendliche für naturwissenschaftliche Phänomene im Freiland zu motivieren. Allerdings wird der Begriff Natur selten mit dem naturwissenschaftlichen Fach Chemie in Verbindung gebracht, sondern als Gegensatz aufgefasst (Kaufmann, 2000): „Ganz natürlich, also ohne Zusatz von Chemie!“ Dieser scheinbare Antagonismus ist in der öffentlichen Wahrnehmung fest verankert (Krager, 1996). Dabei finden chemische Prozesse überall statt, insbesondere in der Natur! Hier liefert die natürliche Umgebung das ideale Anschauungsmaterial für Chemieunterricht im Freiland. In Schulfächern wie Biologie und Sport wird Unterricht schon lange draußen – also außerhalb des Klassenzimmers – durchgeführt. Für den Chemieunterricht gilt das bisher nur bedingt (Spitzer & Gröger, 2013). Was also spricht dagegen, Ausschnitte des Chemieunterrichts direkt in der Natur durchzuführen?

CHEMIE PUR – Ein innovatives und neues Konzept für den Chemieunterricht

CHEMIE PUR verlegt Teile des Chemieunterrichts in die Natur. Ziel ist es, ausgewählte Basiskonzepte mit direkt vor Ort gewonnenen Stoffen zu erarbeiten. Mit CHEMIE PUR wird ein innovatives und neues Konzept für den Chemieunterricht entwickelt (Engl & Risch, 2014). Das Konzept bringt die von Schüler/inne/n häufig als abstrakt und komplex empfundenen Inhalte des Chemieunterrichts mit alltäglichen und naturnahen Phänomenen in Einklang. CHEMIE PUR orientiert sich an folgenden Kriterien: (1) Experimente außerhalb des Klassenzimmers („Die Natur ist mein Labor“), (2) Reaktionen von Naturstoffen mit möglichst wenig Laborgeräten und -chemikalien, (3) Umweltprozesse, die am konkreten Anschauungsobjekt erklärt werden, (4) Inhaltliche Orientierung an den Basiskonzepten und (5) Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht.

Am Campus Landau der Universität Koblenz-Landau stellt ein Zirkuswagen, der aufwendig restauriert und zu einem mobilen Schülerlabor („Freilandmobil“) umfunktioniert wurde, den

Ausgangspunkt für die Projekte rund um CHEMIE PUR dar (Abb. 1). Hier erhalten Jugendliche die Möglichkeit, in einer authentischen Lernumgebung umwelt- und naturbezogene Themen zu erfahren und experimentell zu erarbeiten. Dabei spielt der Aspekt der Nachhaltigkeit immer eine zentrale Rolle.

Abb. 1: Mobiles Umwelt-Schülerlabor „Freilandmobil" der AG Chemiedidaktik am Campus Landau: Barrierefreier Holz-Zirkuswagen als Ausgangspunkt für CHEMIE PUR Projekte

CHEMIE PUR durchläuft in einer Lerneinheit drei Phasen: (1) Einführung mit Problemstellung und Materialienausgabe inklusive Arbeitsauftrag, (2) Eigenverantwortliches Experimentieren in Kleingruppen in der Natur und (3) Abschlussbesprechung mit Deutung der Experimente anhand der Naturstoffe, Einordnung in die Basiskonzepte und Diskussion der Umweltprozesse.

Die CHEMIE PUR Lerneinheiten richten sich an Schüler/innen der Oberstufe. Im Freiland werden mehrere Stationen mithilfe von GPS-Koordinaten angesteuert und dort in Kleingruppen (2-4 Schüler/innen) mit Naturmaterialien experimentiert. Dafür bekommt jede Gruppe eine Box mit Laborgeräten, einem Reagenziensatz mit Chemikalien, einem Tablet-PC und einem GPS Gerät. Auf dem Tablet-PC befindet sich ein vorbereitetes Lernmodul, das Hintergrundinformationen zum Sachverhalt bietet, Arbeitsaufträge mit Versuchsvorschriften darstellt und Ergebnisse der Experimente sowie Erkenntnisse der ablaufenden Umweltprozesse durch begleitende Lernaufgaben abprüft. So erarbeiten sich die Schüler/innen nach der Eingabe und Prüfung der Lösung beispielsweise weitere Versuchsvorschriften oder die GPS-Koordinaten zur nächsten Station.

Einbettung von CHEMIE PUR in die fachdidaktische Entwicklungsforschung

Das Projekt CHEMIE PUR orientiert sich am Paradigma der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger, Link, Hinz, Hußmann, Ralle & Thiele, 2012). Ziel dieser unterrichtsna-

hen Vorgehensweise ist es, die oft beklagte Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen. CHEMIE PUR ist sowohl konzeptionell mit starkem Bezug zur Unterrichtspraxis (Schritt 1), als auch empirisch grundlagenorientiert (Schritt 2) ausgerichtet:
Schritt 1 (Qualitative Studie): Zu Beginn des Projekts steht die Forschungsfrage (1) „Welche Möglichkeiten und Grenzen weist das Unterrichten von Chemie in der Natur auf?“. Zur Beantwortung dieser Frage werden CHEMIE PUR-Lerneinheiten entwickelt (Engl & Risch, 2014) und mit Lehrer/innen/n und Schüler/innen/n hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit evaluiert. Methodisch werden problemzentrierte Leitfrageninterviews und Videoanalysen eingesetzt.
Schritt 2 (Quantitative Studie): Darauf aufbauend wird folgender Forschungsfrage (2) nachgegangen: „Wie wirkt sich Chemieunterricht im Freiland auf das Image des Fachs und auf die Naturverbundenheit von Schüler/inne/n der Sekundarstufe II aus?“. Dazu ist eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign mit Schüler/inne/n der gymnasialen Oberstufe in Vorbereitung. Während die Experimentalgruppe die Stationen der CHEMIE PUR-Lerneinheiten in der Natur durchführt, bearbeitet die Kontrollgruppe die identischen Inhalte mit denselben Methoden und gleicher Lernzeit im Schulgebäude. Die Untersuchung erfolgt Hypothesen geleitet: (H1) Das Image des Fachs wird verbessert (Items zur aktuellen Motivation, zum situationalen Interesse und zur Einstellung mittels semantischen Differenzials). (H2) Die Naturverbundenheit (Items z. B. Inclusion of nature, Connectedness to nature) der Experimentalgruppe ist höher als in der Kontrollgruppe. Die Datenerhebung erfolgt durch Fragebögen und wird entsprechend dem Design eines „Pre-/Post-/Follow-up-Tests“ gewählt. So ist unter anderem geplant die Probandenentwicklung zu analysieren sowie Experimentalgruppe und Kontrollgruppe im Fokus der Hypothesen zu vergleichen.
Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Entwicklung und Evaluation von best-practice-Ansätzen naturwissenschaftlicher Lernsituationen. Die Ergebnisse unterstützen Lehrkräfte an Schulen und werden in die fachdidaktische Ausbildung der naturwissenschaftlichen Fächer implementiert.

Literatur

Bucher, A. (2009). Was Kinder glücklich macht? Eine glückspsychologische Studie des ZDF. In: M. Schächter (Hrsg.), Wunschlos glücklich? Konzepte und Rahmenbedingungen einer glücklichen Kindheit. Baden-Baden: Nomos Verlag, 94 - 198

Engl, A., & Risch, B. (2014). Chemie Pur: Unterrichten im Freiland mit Naturstoffen – Eine interaktiv-experimentelle Bodenrallye. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 144 (6), angenommen

Gebhard, U. (2013). Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychologische Entwicklung. Wiesbaden: Springer Verlag

Kaufmann, H. (2000). Chemieunterricht und das Problem der antagonistischen Sicht von „Natur“ und „Chemie“. Münster: Lit Verlag

Krager, C. (1996). Natürlichkeit und Chemie – ein Gegensatz in der öffentlichen Wahrnehmung?. In: P. Janich, & C. Rüchardt (Hrsg.), Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie. Berlin: Gruyter Verlag, 152 - 167

Medienpädagogischer Forschungsbund Südwest (Hrsg.) (2013). JIM 2013. Jugend, Information, (Multi-) Media, Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19- Jähriger in Deutschland. Stuttgart: mpfs, www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf13/JIMStudie2013.pdf

Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B., Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht 65 (8), 452 – 457

Spitzer, P., & Gröger, M. (2013). Chemie in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten schon im Sachunterricht. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Kiel: Lit Verlag, 572 – 574

Nicole Garner Universität Bremen
Antje Siol
Ingo Eilks

Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor
Erwartungen und Erfahrungen

Einleitung

In den letzten Jahren wurden deutschlandweit viele Schülerlabore an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen gegründet, um schulisches Lernen in den MINT-Fächern und die Nachwuchssicherung zu unterstützen. Verschiedene Wirkungsstudien haben gezeigt, dass der Besuch in Schülerlaboren zu kurz- und mittelfristigen positiven Effekten bzgl. des Interesses führen kann (Engeln, 2004; Pawek, 2009; Guderian, 2007). Die genannten Studien zeigen aber auch, dass eine dauerhafte Interessenssteigerung durch den Besuch in einem Schülerlabor in der Regel nicht stattfindet. Bzgl. des fachlichen Lernens wies Dziewas (2007) nach, dass außerschulische Lernorte zu einer Verbesserung führen können. Um das Potenzial von Schülerlaboren möglichst vollständig auszuschöpfen, gilt es aber, außerschulisches und innerschulisches Lernen systematisch miteinander zu verknüpfen (Bybee, 2001). Allerdings findet diese notwendige Verknüpfung oftmals nicht oder nur in einem nicht ausreichenden Maße statt (Pawek, Hillebrandt & Euler, 2006; Guderian & Priemer, 2008). Ausgehend von diesen Erkenntnissen zeigte Zehren (2009), dass regelmäßige Schülerlaborbesuche mit starker Einbindung in den Unterricht zu positiven Veränderungen führen können. Eine adäquate Vor- und Nachbereitung sowie regelmäßige Besuche scheinen also maßgeblich die positiven Effekte eines Schülerlaborbesuches beeinflussen zu können.

Hintergrund der Studie

Die Erwartungen an außerschulische Lernorte und insbesondere Schülerlabore standen bisher wenig im Fokus wissenschaftlicher Studien. Daraus ergibt sich die Frage, mit welchen Erwartungen Lehrende wie Lernende in die Schülerlabore kommen. Schmidt, Di Fuccia und Ralle zeigten 2011, dass außerschulische Lernorte häufig nicht den Erwartungen der Lehrerinnen und Lehrer gerecht werden. Die Autoren identifizierten eine Steigerung der Motivation bzw. des Interesses bei den Lernenden als wichtigste Intention der Lehrperson. Ob sich dies aber auch bei den Lernenden spiegelt, ist noch weitgehend unklar.
Im Zuge des Projektes „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“ wurden verschiedene Schülerlabormodule für die Jahrgänge 5 bis 12 entwickelt und implementiert (Garner, Huwer, Siol, Hempelmann & Eilks, 2015), die dann systematisch mit innerschulischem Lernen verknüpft wurden. Parallel zu der Implementierung der entwickelten Schülerlaborangebote wurde eine Fragebogenstudie durchgeführt. Ziel der Studie war es, die Erwartungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Schülerlabore zu ergründen. Außerdem soll die Studie Aufschluss über die Erfahrungen mit den neu entwickelten Lernangeboten geben. Die Ergebnisse sollen dazu genutzt werden, die Ansprüche der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Schülerlabore besser bedienen zu können.

Design und Methode

An der Studie haben 461 Schülerinnen und Schüler sowie 37 Lehrinnen und Lehrer teilgenommen. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben im Zeitrahmen von Februar 2012 bis Juli 2014 Angebote aus dem beschriebenen Projekt besucht. Es wurden zwei teils offene und teils Likert-skalierte Fragebögen für Lernende bzw. Lehrende entwickelt und kommunikativ validiert. Vor dem Besuch im Schülerlabor wurden die Teilnehmerinnen und

Teilnehmer zu ihren Erwartungen an Schülerlabore befragt, während der Fragebogen nach dem Schülerlaborbesuch Aufschluss über die expliziten Erfahrungen geben sollte.
Die Auswertung der offenen Fragen erfolgte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000). Die Kategorien wurden deduktiv entwickelt, wobei sich für die Lehrpersonen insgesamt neun und für die Schülerinnen und Schüler sechs verschiedene Kategorien ergaben (Abb. 1). Die Kategorien wurden kommunikativ validiert und von zwei unabhängigen Personen auf die Daten angewendet. Als Maß für die Übereinstimmung wurde Cohens‘ Kappa gewählt, welches mit 0,86 für die Schülerinnen und Schüler und 0,83 für die Lehrpersonen sehr gut ist.

Kategorien Lehrerinnen und Lehrer	Kategorien Schülerinnen und Schüler
1. Verbesserung der Einstellungen der SuS	1. Möglichkeit zum Experimentieren
2. Verfügbarkeit von geeigneten Materialien	2. Berufliche Orientierung
3. Möglichkeiten zum Experimentieren	3. Fachliches Lernen
4. Vermittlung von Fachinhalten	4. Bessere Rahmenbedingungen als in der Schule
5. Der Unterricht in der Schule sollte thematisch ergänzt werden	5. Neue Erfahrung
6. Alltagsbezogene Kontexte	6. Interessante Angebote
7. Einblicke in ein Universitätslabor	
8. Materialien und Anregungen für den eigenen Unterricht	
9. Unterstützung/ Entlastung durch Betreuer	

Abb. 1: Kategorien der Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler bzgl. ihrer Erwartungen an Schülerlabore

Auszug aus den Ergebnissen
Vor dem Schülerlabor äußerten sich im offenen Teil des Fragebogens weniger als 5 % der Schülerinnen und Schüler negativ zu der bevorstehenden Erfahrung im Schülerlabor. Die positive Erwartung wurde hauptsächlich mit der Hoffnung verknüpft, viele Experimente durchführen zu können (69 %). 35 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer erwarteten im Schülerlabor bessere Experimentierbedingungen, als sie in der Schule vorhanden sind. Insbesondere eine bessere Ausstattung, mehr Platz zum Arbeiten, aber auch mehr Zeit bzw. kein Notendruck in den Arbeitsphasen wurden genannt. Neben dieser praktischen Erfahrung erhofften sich fast 20 % der Schülerinnen und Schüler ein vertieftes Fachwissen durch den Besuch im Schülerlabor. Darüber hinaus waren die Vorstellungen der Lernenden sehr allgemein: Sie haben noch nie ein Schülerlabor besucht und wollten neue Erfahrungen sammeln (24 %) bzw. erwarteten ein Angebot, das ihren persönlichen Interessen entspräche (17 %). Die Lehrerinnen und Lehrer äußerten sich im offenen Teil des Fragebogen z. T. ähnlich: Fast 95 % der Lehrerinnen und Lehrer war es wichtig, dass die Lernenden die Möglichkeit zum experimentellen Arbeiten erhalten. Etwa 70 % der Lehrerinnen und Lehrer wollten ihren Unterricht sinnvoll ergänzen. Das Schülerlabor sollte insbesondere Möglichkeiten bieten, Experimente durchzuführen, die in der Schule nicht oder nur schwer realisierbar sind. 33% erhofften sich aber auch eine Entlastung bei der Betreuung der Lernenden beim Experimentieren und eine Aufwands- und Zeitersparnis bzgl. der Vorbereitung. Aus Sicht der Lehrinnen und Lehrer sind die Bedingungen für den Chemie- und NW-Unterricht in der Schule nicht optimal. Fast 70 % der Lehrpersonen erhofften sich außerdem, dass sich die Einstellung ihrer Schülerinnen und Schüler gegenüber den Naturwissenschaften und der Chemie verbessere. Im Vergleich zu den Lernenden erwarteten weniger Lehrpersonen einen Zuwachs im Fachwissen durch den Besuch im Schülerlabor (10 %). Die teilnehmenden Lehrpersonen hegten also andere Erwartungen an Schülerlabore als die Vermittlung von bildungsplanrelevantem Fachwissen. Die Lehrerinnen und Lehrer

wünschten aber auch Vorteile für ihren eigenen Unterricht. So erhofften sich 45 % der befragten Lehrpersonen Materialien und Experimente, die sie in ihrem Unterricht einsetzen könnten. Nach dem Besuch war die große Mehrheit der Teilnehmer sehr zufrieden mit dem Angebot. 90 % der Schülerinnen und Schüler und 100 % der Lehrerinnen und Lehrer gaben ein positives Feedback. Die Lernenden unterstrichen die Bedeutung von eigenständigem Experimentieren für ihr Lernen. Das im Gegensatz zum schulischen Umfeld bessere Betreuungsverhältnis wurde ebenfalls von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern positiv bewertet. Die Lehrpersonen hoben besonders die Möglichkeit hervor, ihre Schülerinnen und Schüler einmal aus einem anderen Blickwinkel beobachten zu können. Sie konnten das Arbeitsverhalten intensiver beobachten als im regulären Unterricht.

Diskussion

In Übereinstimmung mit Schmidt et al. (2011) zeigte sich, dass motivationale Aspekte eine grundlegende Erwartung seitens der Lehrerinnen und Lehrer an Schülerlabore sind. Im Hinblick auf das schulische Lernen scheinen sich Lernende und Lehrende bewusst zu sein, dass die Bedingungen in der Schule für das praktische Arbeiten nicht optimal sind. Unzureichendes Equipment, schlechte Rahmenbedingungen und der Zeitfaktor stehen dem im Wege. In Schülerlaboren haben die Lernenden die Möglichkeit, Experimente durchzuführen, die im schulischen Kontext nicht realisierbar sind. Dennoch sollte der Schülerlaborbesuch nicht das experimentelle Arbeiten im schulischen Kontext ersetzen. Die Studie zeigt, dass Schülerlabore eine gute Möglichkeit für Lehrpersonen sind, neu entwickelte Materialien kennenzulernen und mit den Lernenden zu testen. Da etwa die Hälfte der Lehrpersonen erwartet, diese Materialien im eigenen Unterricht nutzen zu können, erschließt sich hier ein hohes Potenzial, neue Ideen, Materialien und Experimente den Lehrerinnen und Lehrern vorzustellen und so in die Schulen zu bringen (Garner, Hayes & Eilks, 2014).

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des Projektes.

Literatur

Bybee, R. W. (2001). Achieving scientific literacy: Strategies for insuring that free-choice science education complements national formal science education efforts. In H. J. Falk (Ed.), *Free-choice science education: How we learn science outside of school* (pp. 44–63). New York, NY: Teachers College Press.

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

Dziewas, A. (2007). *Chemieunterricht an außerschulischen Lernorten – eine Interventionsstudie* (Dissertation). Abgerufen am 17. Dezember 2014 von http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-17078/Dissertation_ AnnemarieDziewas. pdf.

Garner, N., Hayes, S. M., & Eilks, I. (2014). Linking formal and non-formal science education - A reflection from two cases in Ireland and Germany. Sisyphos Journal of Education , 2(2), 10-31.

Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015). On the development of non-formal learning environments for secondary school students focusing sustainability and Green Chemistry. In V. Gomes Zuin & L. Mammino (Eds.), Worldwide trends in green chemistry education. London: RSC, angenommen / im Druck.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses in der Physik (Dissertation). Abgerufen am 24. September 2014 von edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-0212/PDF/guderian.pdf.

Guderian, P., & Priemer, B. (2008). Schülerlabore, was soll das alles? In: D. Höttecke (Ed.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Berlin: Lit Verlag, 251 – 253.

Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

Pawek. C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation). Abgerufen am 24. September 2014 von http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669.

Pawek, C., Hillebrandt, D., & Euler, M. (2006). Wie wirken Schülerlabore auf Jugendliche. In: A. Pitton (Ed.), Lehren und Lernen mit neuen Medien. Münster: Lit Verlag, 257 – 259.

Schmidt, I., Di Fuccia, D., & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. Mathematisch naturwissenschaftlicher Unterricht, 64 (6), 362 – 368.

Zehren, W. (2009). Forschendes Experimentieren im Schülerlabor (Dissertation). Abgerufen am 24. September 2014 von http://www.lernort-labor.de/publications.php?tl=15.

Yannik Tolsdorf Universität Bremen
Moritz Krause
Ingo Eilks

Eine virtuelle Rundreise zu Betrieben der chemischen Industrie in Nordwestdeutschland

Hintergrund

Fachkräfte im Bereich der Naturwissenschaften und Technik fehlen, eine ausreichende Versorgung mit Fachkräften ist aber für die deutsche Wirtschaft zentral (Haucke, 2014). Im MINT-Bereich sind viele freie Ausbildungsplätze zu verzeichnen, die von den Schülerinnen und Schülern scheinbar als wenig attraktiv angesehen werden. Durch die rückläufigen Bewerberzahlen für einen naturwissenschaftlichen-technischen Beruf wird das Problem des Fachkräftemangels verstärkt. Dieser Bereich bietet aber eine vielfältige Anzahl von Ausbildungsmöglichkeiten und gute Aufstiegsperspektiven (Schmidkunz & Parchmann, 2011). Merzyn (2008) weist darauf hin, dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern an den Naturwissenschaften, speziell Physik und Chemie, immer noch zu gering ist und sich im Laufe der Schulzeit eher noch verringert. Die ROSE-Studie zeigt, dass zudem noch eine Diskrepanz zwischen einem ggf. vorhandenen Interesse an Naturwissenschaften und einer entsprechenden Berufswahl bei vielen Schülerinnen und Schülern existiert (Schreiner & Sjøberg, 2004). Ein Grund für das geringe Interesse an naturwissenschaftlichen Berufen könnte sein, dass naturwissenschaftlicher Unterricht von den Schülerinnen und Schülern und in der Gesellschaft oftmals als zu wenig relevant angesehen wird (EU Kommission, 2007) und er zu wenig berufliche Orientierung anbietet.

Idee

Der naturwissenschaftliche Unterricht muss für die Schülerinnen und Schüler relevanter werden und auch als relevant von ihnen empfunden werden. So sollten die individuelle, gesellschaftliche und berufliche Dimension der Relevanz in einem ausgewogenen Verhältnis bei der Unterrichtsgestaltung berücksichtigt werden (Stuckey, Mamlok-Naaman, Hofstein & Eilks, 2013). Um dies zu erreichen sollen die Schülerinnen und Schülern in diesem Unterrichtsansatz wirtschaftliche Anwendungen der Chemie mit einem regionalen Bezug und entsprechenden beruflichen Perspektiven kennenlernen. Dazu wurde eine virtuelle Rundreise mit dem Programm PREZI (www.prezi.com) entwickelt, die an einzelnen Stationen unterschiedliche Betriebe aus dem Bereich der chemischen Industrie und anderer chemiebezogener Branchen in Nordwestdeutschland mit ihren wirtschaftlichen Anwendungen vorstellt.

Die Schülerinnen und Schülern sollen:

- die lokale Präsenz chemiebezogener Betriebe kennenlernen,
- die gesellschaftliche Bedeutung der Chemie erkennen und
- sich über die Vielfalt der beruflichen Möglichkeiten in chemiebezogenen Betrieben orientieren.

Methode

Die virtuelle Rundreise wurde in Anlehnung an das Modell der Partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002) entwickelt und erprobt. An der Entwicklung waren fünf Lehrerinnen und ein Lehrer beteiligt. Die Erprobungen erfolgten in neun Klassen der Jahrgänge 8 (7 Klassen) und 9 (2 Klassen) in Bremen und Niedersachsen. Bei der zyklischen Entwicklung und Erprobung wurden Unterrichtsbeobachtungen, Lehrerfeedback und Schülerfeedback mit Hilfe eines Fragebogens mit offenen und Likert-Fragen erhoben.

Die virtuelle Rundreise

Die virtuelle Lernumgebung „Die chemische Rundreise“ durch Nordwestdeutschland startet mit einer Übersicht, die den Schülern einen Überblick der Region verschafft. Zu dieser Übersicht gelangen die Schüler auch im Laufe der Unterrichtseinheit über ein Haussymbol an der rechten Seite des Bildschirms immer wieder zurück. Am Anfang der Rundreise erfolgt eine kurze Einleitung. Diese erklärt, dass hier nur ausgewählte chemiebezogene Betriebe enthalten sind, wieso und wie die Region aufgeteilt wurde und was die einzelnen Stationen für Informationen anbieten.

Abbildung 1: Überblick über die gesamte virtuelle Rundreise

Nach der Einleitung gelangt man zur eigentlichen Rundreise (Abb. 1). Die Karte und der eingezeichnete Weg sind wie handelsübliche Karten gestaltet. Die Schülerinnen und Schüler können sich entscheiden, ob sie den „vorgeschlagenen Weg“ gehen oder sich für eine Region entscheiden.

In den vier Regionen zoomt man herein und auf dem Bildschirm erscheint eine vergrößerte Karte der Region, weitere Städte und die Stationen sind zuerkennen. In jeder Region befinden sich ungefähr fünf Stationen an denen ein Betrieb vorgestellt wird. Unter den 22 Betrieben findet man kleine (z. B. VOCO), mittelständische (z. B. Herforder) oder große Unternehmen (z. B. DOW). In Abb. 2 sieht man eine Station aus der Tour.

Die Stationen sind immer sehr ähnlich aufgebaut. In Abb. 2 kann man vier Unterpunkte erkennen, die auch in einer ähnlichen Weise bei den anderen Stationen zu finden sind:

- Erdölraffinerie Emsland: Hier wird der Betrieb vorgestellt. Unter anderem sind Informationen enthalten zur Historie des Betriebs und zur Größe nach Mitarbeitern.
- Erdöl: Eine kurze Erklärung für den Schülerinnen und Schüler über den Rohstoff, der hier verarbeitet wird, wird gegeben.
- Produktion: Hier wird die Destillation von Rohöl bzw. Erdöl an einer Abbildung erklärt bzw. die Schülerinnen und Schüler sollen mit Hilfe der Abbildung die Destillation und Produktion erklären.
- Ausbildung: Die Ausbildungsberufe von BP in Lingen werden vorgestellt und die Wichtigkeit dieser Raffinerie als Arbeitgeber für die Region soll den Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden. Zusätzlich können sie sich mit zwei Ausbildungsberufen beschäftigen.

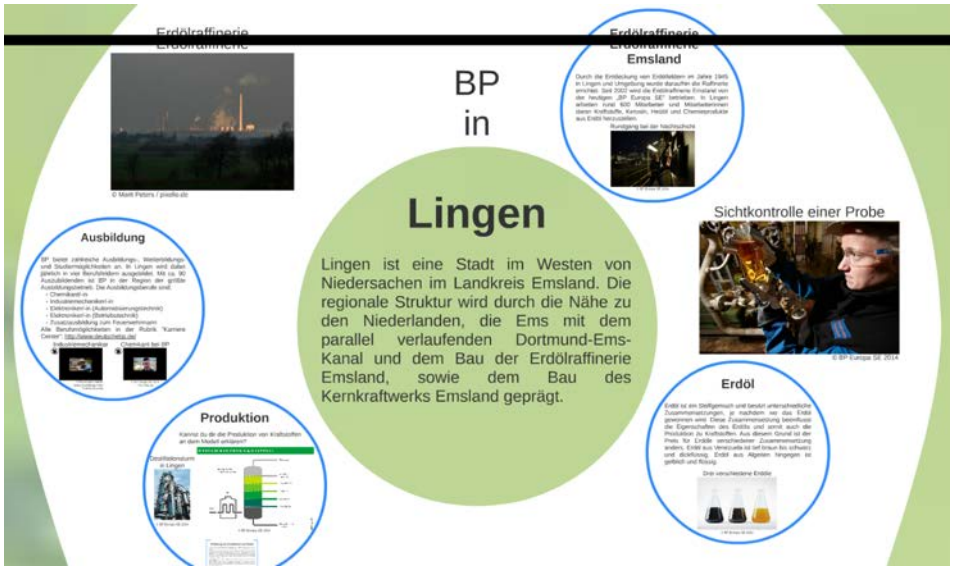


Abbildung 2: Ausschnitt einer Station (BP Europa SE) aus der virtuellen Rundreise

Ergebnisse

Die Unterrichtseinheit wurde von allen beteiligten Personen sehr gut aufgenommen. Es gab durchweg positive Rückmeldungen von den Lehrkräften und den Lernenden. Die Auswertung des Likert-Fragebogens ergab, dass den meisten Schülern die virtuelle Rundreise sehr gut gefallen hat. Über 90 % der Schülerinnen und Schülern war der Aufbau der virtuellen Rundreise einsichtig, sodass sie sich gut in der Rundreise zurechtgefunden haben. Bei dem Fragebogen zum Relevanzempfinden gaben die Schülerinnen und Schüler eine hohe Zustimmung zur Wichtigkeit eines Lernens über Betriebe und Berufe mit einem Chemiebezug im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Literatur

Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung: Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. Chemie Konkret, 9 (1), S. 13-18.

Europäische Kommission (2007). Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. Abgerufen von http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf (letzter Zugriff: 19.09.14).

Haucke, K. (2014). Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 25 (140), S. 8-12.

Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen (2. Auflage). Baltmannweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Schmidkunz, H. & Parchmann, I. (2011). Basiskonzept Energie. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 22 (121), S. 2-7.

Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). The Relevance of Science Education. Sowing the Seeds of ROSE. Oslo: Acta Didactica.

Stuckey, M., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. Studies in Science Education, 49, S. 1-34.

Johannes Huwer
Rolf Hempelmann
Roland Brünken

Universität des Saarlandes

Nachhaltigkeit und Chemie: Forschendes Experimentieren im Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufe 5 – Eine Studie über Kognition und aktuelle Motivation

Hintergrund

Der thematische Hintergrund dieses Projektes stammt aus dem Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“, welches das NanoBioLab (Universität des Saarlandes) und das FreiEX (Universität Bremen) zusammen gestaltet haben (Poppe et al., 2013; Garner, Siol, Huwer et al., 2014).

Die Zielsetzung des Projekts ist es, interessierten Schülerinnen und Schülern einen Zugang zu Aspekten von Nachhaltigkeit und nachhaltiger Entwicklung im Zusammenhang chemischer Prozesse und Produkte zu ermöglichen. Das Lernen darüber, wie die Chemie mit der Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung umgeht, soll ihnen helfen, entsprechende Vorgänge zu verstehen, über sie mitbestimmen zu können und diese vielleicht in Zukunft selber mitzugestalten. Dabei wird die nachhaltige Entwicklung formuliert als „*eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen*“ (World Commission on Environment and Development, 1987, S. 11).

Damit diese Bildung möglichst früh verinnerlicht werden kann, wurden Bildungsangebote für den Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufe 5 und 6 entwickelt. Zwei dieser Themenfelder, nämlich „Öle und Fette“ sowie „Wasserreinigung“, wurden für die vorliegende Studie ausgewählt, durchgeführt und untersucht. Das Themenmodul „Öle und Fette“ greift dabei verschiedene Eigenschaften, Verwendung und Gewinnung von Ölen und Fetten auf und thematisiert in Ansätzen die Tank-Teller-Diskussion (Kreysa, 2010). Das Themenmodul „Wasserreinigung“ greift unter anderem auf zentrale Versuche der Stofftrennung zurück und thematisiert den bewussten Umgang mit der wertvollen Ressource Trinkwasser.

Zielsetzung des Projektes

Um möglichst viele Schülerinnen und Schüler mit dem Bildungsangebot zu erreichen, wurde ein „Schülerlabor on-Tour Angebot“ entwickelt. Im Rahmen dieses Angebotes wurde versucht, möglichst viele Komponenten des Schülerlabors in die Schule zu bringen. So wurde das Versuchsmaterial in ausreichender Stückzahl für Schülerexperimente in Kisten gepackt. Mit einem Team von ca. fünf bis sieben Betreuern aus dem NanoBioLab wurden die Versuche dann in der Schule durchgeführt. Im engeren Sinne ist dieses Angebot nach Haupt (2013) kein Schülerlabor mehr, da die Ortsgebundenheit an einen außerschulischen Lernort fehlt. Es ist vielmehr eine Möglichkeit, auch Schulen zu erreichen, welche nicht im direkten Einzugsgebiet der Schülerlabore liegen. Bei einer Entfernung von mehr als 20 km ist bei einer schlecht ausgebauten Infrastruktur öffentlicher Verkehrsmittel ein wiederholter Besuch im Schülerlabor nicht möglich.

Ziel des Projektes war es darüber hinaus, zu überprüfen, ob und in welchem Umfang das entwickelte Bildungsangebot in dieser Konzeption zu Wissenserwerb führt. Darüber hinaus sollte die *aktuelle Motivation* als zentrales motivationspsychologisches Konstrukt in Zusammenhang mit Leistung (Vollmeyer, 2005, S. 11) erfasst werden.

Für erfolgreiches Lernen nach dem INVO-Modell (Hasselhorn & Gold, 2012, S. 70 ff) ist neben Motivation und Selbstkonzept auch das Vorwissen ein zentraler Prädiktor des Lernerfolgs. Zur Sicherung der Anschlussfähigkeit der Lerneinheiten an das vorhandene Vorwissen

ist das Bildungsangebot in den laufenden Unterricht thematisch integriert worden. Die Bildungspläne des Saarlandes (Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes, 2012) sehen die Behandlung von „Ölen und Fetten“ sowie „Wasser“ vor. So gliederte sich ein Themenmodul (Treatment) jeweils in eine von uns vorbereitende Unterrichtseinheit, das Experimentalpraktikum und eine nachbereitende Unterrichtseinheit.

Gliederung und Design der Studie

An der Studie nahmen vier saarländische Gymnasien mit allen fünften Klassen teil. Insgesamt wurden mehr als 400 Schülerinnen und Schüler erreicht. Für die Auswertung der Studie konnten 331 vollständige Datensätze (inklusive aller Vor- und Nachtests, sowie Teilnahme an beiden Praktika) herangezogen werden. Diese 331 Schülerinnen und Schüler setzten sich aus 134 Jungen und 155 Mädchen zusammen.

Zur Erfassung der kognitiven Leistungen wurden in Zusammenarbeit mit Fachlehrern Vor- und Nachtests entwickelt. Diese Tests wurden auf dieselbe Skala transformiert. Zur Erfassung der aktuellen Motivation wurde der „Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) von Rheinberg (2001) eingesetzt.

Die Studie wurde in einem quasi-experimentellen Design, Typ VI (Nicht-Randomisierter Zwei-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest) im Warte-Kontroll-Gruppen Design durchgeführt.

Zeit	T 0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
EG	Vortest	T	Nachtests		Nachtests	T	Nachtests		Nachtests
KG				T				T	
Themen		Modul 1 „Öle und Fette“				Modul 2 „Wasserreinigung“			

Tabelle 1: Warte-Kontrollgruppen-Design
(T= Treatment, EG= Experimentalgruppe, K= Kontrollgruppe

Ergebnisse der Studie

Für das erworbene Wissen können folgende Aussagen getroffen werden (alle Test auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = .05$):

1. Beim Themenmodul „Öle und Fette“ ist ein ***signifikanter Lerneffekt*** zu beobachten.
   Zum Zeitpunkt 2 ist die Experimentalgruppe signifikant besser als die KG ohne Treatment (F_1=223.4, p <.001 *). Zum Zeitpunkt 4 haben beide Gruppen das Treatment erhalten und sind erwartungsgemäß auch gleich gut (F_1=2.27, p=.137 n.s.).
2. Beim Themenmodul „Wasserreinigung“ ist ein ***signifikanter Lerneffekt*** zu beobachten.
   Zum Zeitpunkt 2 ist die Experimentalgruppe signifikant besser als die KG ohne Treatment (F_1=216.46, p<.001 *). Zum Zeitpunkt 4 haben beide Gruppen das Treatment erhalten und sind erwartungsgemäß auch gleich gut (F_1=2.42, p=.254 n.s.).
3. Das Wissen des Themenmoduls „Öle und Fette“ ist ***langzeitstabil***.
   Zwar sank die Leistung bei der Testwiederholung zu T4 nach ca. sechs Wochen im Vergleich zu T2 signifikant ab (t_{146}=-2,91, p=.004 *), die Leistungen zu T4 sind aber immer noch signifikant besser als zu T0 (t_{145}=-40,54 , p<.000 *).
4. Das Wissen des Themenmoduls „Wasserreinigung“ ist ***langzeitstabil***. Bei der Testwiederholung nach ca. sechs Wochen zum Zeitpunkt T4 im Vergleich zu T2 konnte wiederum ein

Absinken beobachtet werden (t_{123}=-15,054, p<.001 *), die Werte zu T4 sind aber wiederum signifikant höher als zu T0 (t_{123}=-39,16 , p<.000 *).

Für die aktuelle Motivation können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Die aktuelle Motivation ist nach dem Treatment „Öle und Fette“ signifikant besser als vor dem Treatment (t_{168}= - 4,12, p < .001 *).
2. Die aktuelle Motivation ist nach dem Treatment „Wasserreinigung“ signifikant besser als vor dem Treatment (t_{206}= 2,50, p=.013*).

Insgesamt konnte damit gezeigt werden, dass die von uns entwickelten Module zu den Themen „Öle und Fette“ sowie „Wasserreinigung“ von den Schülern erfolgreich bearbeitet wurden, was sich in einem substanziellen Zuwachs an Wissen und einer Erhöhung der aktuellen Motivation zeigt. Damit können die Module in Hinblick auf die angestrebte Zielstellung als erfolgreich angesehen werden.

Literatur

Garner, N, Siol, A., Huwer, J., Hempelmann, R., Eilks, I. (2014). Sustainability and chemistry in non-formal student laboratories: A project to support learning about sustainability. I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds.), Science education research and education for sustainable development, Aachen: Shaker. (Im Druck).

Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU, 66*(6), 324–330.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2012). Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren. Standards Psychologie. Stuttgart: Kohlhammer.

Kreysa, G. (2010). Irrungen und Wirrungen um Biokraftstoffe. Biokraftstoffe sind nicht per se nachhaltig. *ChiuZ*(5), 332-338.

Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes (2012). Lehrplan Naturwissenschaften Gymnasium. Klassenstufen 5 und 6.

Poppe, N., Siol, A., Markic, S., Eilks, I., Thöming, J., Zehren, W., Munnia, A., Huwer; J., Hempelmann, R. (2013). Chemie und Nachhaltigkeit Entwicklung neuer experimenteller Angebote für Schülerinnen und Schüler in den Schülerlaboren FreiEx in Bremen und NanoBioLab in Saarbrücken. S. Bernholt (Eds.), Inquiry-based learning - Forschendes Lernen, Münster: Lit, 716-718.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001) FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 47(2), 57–66.

Vollmeyer, R. (2005). Einführung: Ein Ordnungsschema zur Integration verschiedener Motivationskomponenten. R. Vollmeyer & J. Brunstein (Eds.), Motivationspsychologie und ihre Anwendung. Stuttgart: Kohlhammer, 9-19

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. New York: University Press

Inga Kallweit TU Dortmund
Insa Melle

Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen – Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen

Einleitung

Die Forderung, alle Schülerinnen und Schüler individuell so zu fördern, dass sie sich hinsichtlich ihrer Potentiale und Begabungen optimal entwickeln können, bildet seit zehn Jahren einen zentralen Gegenstand bildungspolitischer Diskussionen. Als ein Auslöser für die aktuelle Relevanz des Konzepts kann unter anderem das schlechte und gleichzeitig von der sozialen Lage abhängige Abschneiden der Lernenden in Deutschland in der ersten PISA-Studie im Jahr 2000 gesehen werden. Inzwischen werden Inhalte des Konzepts in den Schulgesetzen von insgesamt vierzehn Bundesländern gefordert (z. B. in NRW). Allerdings gestaltet sich die Implementierung der individuellen Förderung in den Schulalltag als problematisch: Es mangelt insbesondere für den Chemieunterricht an erprobten Diagnosemethoden und Fördermaßnahmen sowie an zur individuellen Förderung geeigneten Materialien. Darüber hinaus gibt es in Bezug auf den Chemieunterricht der Sekundarstufen I und II bisher kaum empirische Forschungsergebnisse hinsichtlich der Effektivität des Konzepts.

Theoretische Fundierung

Trotz der Aktualität des Konzepts der individuellen Förderung gibt es in der Literatur bisher keine allgemein anerkannte Definition. In Anlehnung an Kunze (2009) sowie Arnold und Richert (2008) wird für das hier vorgestellte Projekt die folgende Definition verwendet: Individuelle Förderung ist das Einrichten von differenzierenden Lernarrangements, bei denen durch den variablen Einsatz von Materialien die Lernwege der Schülerinnen und Schüler so gestaltet werden, dass eine möglichst optimale Passung zu den diagnostizierten individuellen Bedürfnissen erreicht wird. Die Lernenden werden dabei als aktive Gestalter ihres eigenen Lernprozesses angesehen. Insbesondere der zuletzt genannte Aspekt wird für die Umsetzung der individuellen Förderung im Schulalltag relevant, da der Unterricht in Klassengrößen von 25-30 Schülerinnen und Schülern nicht individuell auf jeden einzelnen Lernenden zugeschnitten werden kann. Aus diesem Grund wird in dem dargestellten Projekt das Konzept der individuellen Förderung mit der Theorie des selbstregulierten Lernens verknüpft. Diese beruht auf der Selbstverantwortlichkeit der Lernenden. Die Effektivität des selbstregulierten Lernens ist empirisch gut belegt, wobei in den meisten Studien die leistungsstärksten Schülerinnen und Schüler als am stärksten selbstregulierte Lerner identifiziert werden (z. B. Dignath & Büttner, 2008; Hattie, 2013). In Anlehnung an das Modell des selbstregulierten Lernens von Zimmerman (2002) kann das Lernen als zyklischer Dreischritt beschrieben werden, in welchem der eigene Lernprozess zunächst geplant, während der eigentlichen Performanz beobachtet und anschließend reflektiert wird.

Dieses Projekt verknüpft das Konzept der individuellen Förderung mit der Theorie des selbstregulierten Lernens durch Selbsteinschätzungen. Dafür wurde ein Selbsteinschätzungsbogen entwickelt, mit dem die Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer Einheit zur individuellen Förderung arbeiteten. Ziel der Studie ist es, die Effektivität der Arbeit mit dem Selbsteinschätzungsbogen zu erfassen.

Forschungshypothesen

Basierend auf empirischen Forschungsergebnissen und der Pilotierung des Projektes (Kallweit & Melle, 2013) wurden die folgenden Hypothesen entwickelt:

Der Einsatz des Selbsteinschätzungsbogens im Rahmen einer Fördereinheit führt im Vergleich zu einer bezüglich Lernzeit und Inhalten identischen Übungsphase zu
- einem höheren Fachwissenszuwachs (H1).
- einem nachhaltig höheren Fachwissenszuwachs (H2).
- einer positiveren Einschätzung der Einheit (H3).
- einem positiveren Arbeitsverhalten (H4).

Im Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2013 fand bereits die Darstellung der Ergebnisse statt, die zur Bestätigung der Hypothesen H1 bis H3 führten (Kallweit & Melle, 2014). Infolgedessen werden in diesem Artikel Ergebnisse beleuchtet, die das Arbeitsverhalten der Lernenden beschreiben (H4).

Materialien

Für dieses Projekt wurde ein Selbsteinschätzungsbogen für den Einsatz in 7. Klassen an Gymnasien entwickelt, der neun Kompetenzen des Basiskonzepts Chemische Reaktion beinhaltet. Auf einer vierstufigen Likert-Skala (von *sehr sicher* bis *sehr unsicher*) schätzten die Lernenden ihre eigenen Fähigkeiten zu jeder einzelnen Kompetenz ein. Die Arbeit mit dem Bogen wurde in eine 90-minütige Fördereinheit eingebettet, in welcher den Schülerinnen und Schülern zu jeder einzelnen Kompetenz jeweils eine Aufgabe und eine Erklärung zur Verfügung standen. Mithilfe des Bogens konnten die Lernenden planen, welche Kompetenzen sie fördern wollen, wobei von ihnen eigenverantwortlich entschieden wurde, in welcher Reihenfolge sie dies tun und wie viel Zeit sie für die Bearbeitung der einzelnen Übungsmaterialien aufwenden. Darüber hinaus konnten gestufte Hilfekarten während der Bearbeitung genutzt werden. Bearbeitete Aufgaben wurden von den Schülerinnen und Schülern eigenständig anhand von Musterlösungen korrigiert.

Testinstrumente

Zur Erfassung des *Fachwissens* zum Thema Chemische Reaktion wurde ein Multiple-Choice-Test mit 35 Items entwickelt (Cronbachs $\alpha = .85$). Die *Einschätzung* der Fördereinheit wurde mit 17 Items erhoben (fünfstufige Likert-Skala, Cronbachs $\alpha = .89$). Des Weiteren wurden die *kognitiven Fähigkeiten* mit dem Culture-Fair-Test 20 nach Weiß (1998) erfasst sowie die Skalen zur Erfassung des *schulischen Selbstkonzepts* (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) und die Skalen bezüglich der Fächer Mathematik und Physik aus dem Differentiellen Schulischen Selbstkonzept-Gitter (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) eingesetzt.

Untersuchungsdesign

Die Hauptuntersuchung der hier vorgestellten Studie wurde in einem Pre-Post-Follow-up-Test Design mit einer Kontroll- und einer Interventionsgruppe durchgeführt. Zum ersten Messzeitpunkt wurden die kognitiven Fähigkeiten, das Vorwissen und das schulische Selbstkonzept erfasst. Basierend auf den kognitiven Fähigkeiten und dem Ergebnis des Pre-Tests wurden durch das Verfahren des randomisierten Parallelisierens zwei vergleichbare Gruppen generiert. Diese durchliefen eine Woche nach der ersten Testung die Fördereinheit zeitgleich, jedoch räumlich getrennt. Beide Gruppen erhielten zunächst eine kurze Instruktion und lernten anschließend vollkommen selbstständig mit den Übungsmaterialien. Die Interventionsgruppe arbeitete dabei mit dem Selbsteinschätzungsbogen, wohingegen die Kontrollgruppe ohne den Bogen lernte, allerdings eine Materialübersicht erhielt, um keinen Nachteil hinsichtlich der organisatorischen Planung des Lernprozesses in der Fördereinheit zu haben. Eine Woche nach der Einheit wurden das Fachwissen und die Einschätzung der Fördereinheit sowie das differentielle Selbstkonzept erhoben. Weitere vier Wochen später fand die Follow-up-Testung des Fachwissens statt.

Auswertung und Ergebnisse

Die Hauptuntersuchung wurde mit neun 7. Klassen an Gymnasien durchgeführt (N = 218). 68 Lernende wurden während der Fördereinheit gefilmt. Mit den Videodaten kann das Arbeitsverhalten analysiert werden. Zusätzlich werden für die Auswertung die Bearbeitungen aller Lernenden genutzt, die im Anschluss an die Einheit eingescannt wurden. Es zeigt sich zunächst, dass beide Gruppen die Zeit in der Fördereinheit grundsätzlich ähnlich einteilen. Allerdings bestehen signifikante Unterschiede bezüglich der Verwendung der Aufgaben ($t(66) = 2.13$, $p = .037$, $\delta = 0.57$) und der Musterlösungen ($t(66) = 2.46$, $p = .017$, $\delta = 0.67$). In beiden Fällen arbeitet die Kontrollgruppe signifikant länger mit den Materialien als die Interventionsgruppe. An dieser Stelle muss berücksichtigt werden, dass die Interventionsgruppe etwa 7 % der Gesamtzeit mit der Nutzung des Selbsteinschätzungsbogens verbringt, wohingegen die Kontrollgruppe die Materialübersicht in weniger als 1 % der Zeit nutzt. Hinsichtlich der Bearbeitungsqualität zeigt sich das folgende Bild: Die Interventionsgruppe bearbeitet die Aufgaben mit einer signifikant höheren Qualität als die Kontrollgruppe ($z = 2.87$, $p = .004$, $\varphi = .20$), wobei die Anzahl der bearbeiteten Aufgaben grundsätzlich keinen Einfluss auf den Lernerfolg hat ($r_S = .058$, $p = .399$).

Zusammenfassung

Durch die Ergebnisse der Video- und Materialdatenanalyse kann Hypothese 4 nur teilweise bestätigt werden. Grundsätzlich arbeiten beide Gruppen ähnlich in der Fördereinheit, allerdings ist die Bearbeitungsqualität der Interventionsgruppe höher. Des Weiteren gelingt es der Interventionsgruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe, einen höheren Lernerfolg zu erzielen, obwohl die Kontrollgruppe länger mit den Aufgaben und Musterlösungen arbeitet. Möglicherweise führt der Selbsteinschätzungsbogen zu einer besseren Planung des Lernprozesses und zu einer höheren Anstrengungsbereitschaft, die Aufgaben qualitativ hochwertig zu bearbeiten.

Literatur

Arnold, K.-H. & Richert, P. (2008). Unterricht und Förderung: Die Perspektive der Didaktik. In K.-H. Arnold, O. Graumann & A. Rakhkochkine (Hrsg.), Pädagogik. Handbuch Förderung. Grundlagen, Bereiche und Methoden der individuellen Förderung von Schülern (S. 26-35). Weinheim, Basel: Beltz & Gelberg.

Dignath, C. & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. Metacognition and Learning, 3(3), 231-264.

Hattie, J. (2013). Visible learning: A synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. (Bewyl, W.; Zierer, K., Trans.). Abingdon: Routledge.

Kallweit, I. & Melle, I. (2014). Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 229-230). Kiel: IPN.

Kallweit, I. & Melle, I. (2013). Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 581-583). Kiel: IPN.

Kunze, I. (2009). Begründungen und Problembereiche individueller Förderung in der Schule – Vorüberlegungen zu einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II (S. 13-26). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

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.

Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). SESSKO. Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts. Göttingen: Hogrefe.

Weiß, R. H. (1998). Grundintelligenztest Skala 1 (CFT 20). Göttingen: Hogrefe.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. Theory into Practice, 41(2), 64-70.

Sandra Anus TU Dortmund
Insa Melle

Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht – Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden

Ausgangslage und Forschungsstand

Häufig sind in den Leistungsvoraussetzungen und Kompetenzen der Lernenden große Unterschiede vorzufinden. Daher sind seit einigen Jahren Forderungen nach individueller Förderung aller Lernenden unter Berücksichtigung individueller Interessen, Lernausgangslagen und Vorstellungen verbindlich in den meisten Schulgesetzen der deutschen Bundesländer verankert (z. B. Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, 2005). Ebenso zeigen sich Bestrebungen zum Einsatz differenzierter Fördermaßnahmen und - programme aller Schülerinnen und Schüler auch in der internationalen Bildungslandschaft (z. B. No Child Left Behind [NCLB], 2002). Im Folgenden werden unter individueller Förderung in Anlehnung an Trautmann und Wischer (2008) differenzierende Lernarrangements verstanden, die mithilfe diagnosegestützter Fördereinheiten eine möglichst optimale Passung zum Vorwissen erreichen. Bezüglich der Effektivität solcher Fördermaßnahmen lassen sich in der Literatur nur wenige zuverlässige oder widersprüchliche Ergebnisse finden. Einerseits belegen Studien, dass besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler durch eine Differenzierung im Lernprozess profitieren (Bode, 1996) und sich besonders für durchschnittliche und leistungsstarke Lernende in leistungsdifferenzierenden Klassen positive Langzeiteffekte zeigen (Fuligni, Eccles & Barber, 1995). Andererseits lassen sich jedoch ebenso Studien anführen, die negative Effekte auf durchschnittliche und begabungsschwache Lernende in einer homogenen, im Vergleich zu einer heterogenen, Leistungsgruppierung belegen (Linchevski & Kutscher, 1998). Nach Ergebnissen aktueller Meta-Analysen lassen sich kaum Unterschiede zwischen individuellen und traditionellen Unterrichtsformen nachweisen (z. B. Bangert, Kulik & Kulik, 1983; Hattie, 2009).

Studie

Zentrales Ziel der Studie ist die Evaluation der individuellen Aufgabenzuordnung als praktische Methode der individuellen Förderung im Vergleich zu einer strukturierten oder zufälligen Aufgabenbearbeitung von Lernenden im Unterricht. Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, welchen Einfluss die optimale Passung zwischen Vorwissen und Aufgabenbearbeitung auf den Lernerfolg ausübt. Die folgenden Forschungsfragen stehen dabei im Vordergrund:

(1) Besteht ein Unterschied durch die Bearbeitung von Aufgaben auf Grundlage einer Diagnose und Aufgabenzuordnung im Vergleich zu einer strukturierten oder willkürlichen Aufgabenzuordnung ohne Diagnose
- im Fachwissenszuwachs?
- in der Einschätzung des Unterrichts?
- in der aktuellen Motivation (Interesse, Misserfolg- und Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung)?

(2) Bestehen Wechselwirkungen in Bezug auf den Fachwissenszuwachs zwischen den Aufgabenbearbeitungen (Gruppen) und verschiedenen kognitiven Leistungsniveaus (kognitiv über-, unter- und durchschnittlich)

(3) Besteht ein Zusammenhang zwischen dem kognitiven Niveau, der Einschätzung der Attraktivität, der Qualität der Aufgabenbearbeitung, dem Verhalten während der Unterrichtszeit und dem Fachwissenszuwachs?

Untersuchungsdesign
Um die zentralen Fragestellungen zu untersuchen, wurde eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign zur individuellen Förderung zum Basiskonzept *Chemische Reaktion* für neunte Klassen an Gymnasien durchgeführt. Eine ausführliche Darstellung des Designs und des Ablaufs der Einheit findet sich bei Anus & Melle (2014).
Es wurden drei Untersuchungsgruppen in einer Klasse zur selben Zeit realisiert. Die Gruppen unterschieden sich dabei lediglich in dem Grad der Adaptivität durch die zugeordnete Aufgabensortierung und damit in der Abfolge der Aufgabenbearbeitung. Gruppe Diagnose (D) erhielt eine individuelle Aufgabensortierung auf Grundlage des Diagnoseergebnisses des Pre-Tests, jeder Lernende bearbeitete also eine individuelle Abfolge verschiedener Aufgabenpakete entsprechend seines Förderbedarfs und Förderpotenzials. Aus motivationalen Gründen begannen diese Schülerinnen und Schüler mit dem für sie zweitschwächsten Inhaltsbereich. Die Gruppen Struktur (S) und Chaos (C) erhalten keine diagnosegestützten Aufgabensortierungen. Gruppe S bearbeitete Aufgaben entsprechend der inhaltlichen Struktur des Lernmaterials mit steigendem Schwierigkeitsgrad, und Gruppe C („Chaos“) erhielt eine zufällige, willkürliche Aufgabensortierung ohne Diagnose und Struktur.

Ergebnisse der Hauptuntersuchung
Die Studie wurde mit insgesamt 268 Schülerinnen und Schülern (M_{Alter} = 14.85, SD_{Alter} = .52, 45.5 % ♀) von zehn verschiedenen Gymnasien vom Pre- zum Post-Testzeitpunkt durchgeführt. Aufgrund von Fehlzeiten reduziert sich die Stichprobe zum Follow-up-Testzeitpunkt auf 252 Lernende. Die Cronbachs Alpha Werte des eingesetzten Fachwissenstests, bestehend aus 42 Items, weisen eine gute Reliabilität über alle Testzeitpunkte aus (α_{pre} = .85, α_{post} = .86, $\alpha_{follow\text{-}up}$ = .90). Die Reliabilitätswerte für den Einschätzungstest mit 22 Items (α = .89) und den Fragebogen zur aktuellen Motivation (α_I = .81, α_M = .81; α_E = .83, α_H = .63*)* sind ebenfalls zufriedenstellend.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die Daten residuenbasiert ausgewertet. In Hinblick auf den allgemeinen Fachwissenszuwachs zeigt sich, dass die Fördereinheit zur Aufarbeitung des Themas für alle Lernenden (N = 268) lernwirksam ist. Durchschnittlich werden danach neun Prozent mehr Items richtig beantwortet, dies ist eine signifikante Steigerung des Fachwissens mit einem starken Effekt (M_{pre} = .39; M_{post} = .48; $T(267)$ = - 10.857, p < .001, φ = .66). Die Ergebnisse des unmittelbaren Fachwissenszuwachses zeigen in einer einfaktoriellen Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($F(2,267)$ = 1.131, p = .324, η^2 = 0.01). Gleiches gilt für den nachhaltigen Fachwissenszuwachs vom Pre- zum Follow-up-Messzeitpunkt ($F(2,251)$ = 1.378, p = .254, η^2 = 0.01). Auch in der Einschätzung der Attraktivität des Unterrichts zeigt sich ein ähnliches Bild. Die Gruppen weisen keine signifikanten Unterschiede in der Einschätzung auf ($F(2,267)$ = 2.118, p = .122, η^2 = 0.02). In Bezug auf die Skalen der aktuellen Motivation bestätigt sich ebenfalls diese Tendenz. Die Treatmentgruppen unterscheiden sich kaum in den Skalen. Lediglich für die Skala Erfolgswahrscheinlichkeit lässt sich eine tendenzielle Signifikanz mit einem moderaten Effekt zu Gunsten der Gruppe S nachweisen ($H(2,267)$ = 5.312, p = .070, ω = 0.03). Diese schätzt ihre Erfolgswahrscheinlichkeit deutlich höher ein als die anderen beiden Untersuchungsgruppen.
Weiterführende Auswertungen zu Wechselwirkungen in Bezug auf den Fachwissenszuwachs zwischen dem kognitiven Niveau und den Gruppen weisen auf tendenziell signifikante Wechselwirkungen für den unmittelbaren Fachwissenszuwachs ($F(4,267)_{\text{unmittelbar}}$ = 2.108, p < .10, η^2 =.03) und signifikante Wechselwirkungen für den nachhaltigen Lernerfolg hin ($F(4,251)_{\text{nachhaltig}}$ = 2.997, p < .05, η^2 =.05). Die Interaktionsdiagramme weisen darauf hin, dass kognitiv leistungsstarke und -schwache Lernende von einer diagnosegestützten Aufgabenbearbeitung (Gruppe D) profitieren, wohingegen kognitiv durchschnittliche Schülerinnen

und Schüler höhere Lernerfolge in einer strukturierten oder zufälligen Aufgabenbearbeitung (Gruppe S und C) erreichen.
Durch die Verzahnung der quantitativen und qualitativen Datensätze werden – im Sinne eines Mixed-Model-Designs – momentan weitere Zusammenhänge zwischen Schülervariablen und Bearbeitungsqualität einerseits und Lernerfolg andererseits analysiert. Es deutet sich auf Basis gruppenspezifischer Regressionsmodelle an, dass für die Treatmentgruppen unterschiedliche Prädiktoren gut den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler vorhersagen.

Zusammenfassung und Fazit

Unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen schulpolitischen Einforderung individueller Förderung im Unterricht zeigt sich, dass eine differenzierte Betrachtung zur Beantwortung der Fragestellungen nötig ist. Die Ergebnisse dieser Studie, mit der individuellen, diagnosegestützten Aufgabenzuordnung als praktikable Methode der individuellen Förderung für den Chemieunterricht, stellen Aspekte der Grundlagenforschung dar und geben lediglich Hinweise auf Möglichkeiten und Chancen einer Adaptivität der Lernumgebung an das Vorwissen. Es zeigt sich, dass eine vorgeschaltete Diagnose und Aufgabensortierung nicht der entscheidende Faktor positiver Resultate im Lernzuwachs ist. Hinsichtlich des Fachwissenszuwachses, der Einschätzung der Attraktivität und motivationalen Aspekten unterscheiden sich die Treatmentgruppen kaum. Jedoch scheint es in Hinblick auf den Lernerfolg, dass eher kognitiv leistungsstarke und leistungsschwache Lernende von individuellen Förderangeboten profitieren, wohingegen kognitiv durchschnittliche Lernende Vorteile bei einer strukturierten oder zufälligen Aufgabenauswahl zeigen. Diese Befunde bestätigen den auch in anderen Studien gefundenen Nutzen adaptiver Lernumgebungen für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Zudem zeigt sich, dass dieser Herangehensweise auch Unterstützungs- und Förderangebote für kognitiv schwächere Lernende schafft.

Literatur

Anus, S. & Melle, I. (2014). Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht – Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. (234-236). Kiel: IPN.

Bangert, R. L., Kulik, J. A. & Kulik, C.-L. (1983). Individualized systems of instruction in secondary schools. Review of Educational Research, 53, 143–158.

Bode, R. K. (1996). Is it ability grouping or the tailoring of instruction that makes a difference in student achievement? Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New York (ERIC Document Reproduction Service No. ED 400 268).

Fuligni, A., Eccles, J. & Barber, B. L. (1995). The long-term effects of seventh-grade ability grouping in mathematics. Journal of Early Adolescence, 15 (1), 58–89.

Hattie, John A. C. (2009). Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London & New York: Routledge.

Linchevski, L. & Kutscher, B. (1998). Tell me with whom you're learning, and I'll tell you how much you've learned: Mixed-ability versus same-ability grouping in mathematics. Journal for Research in Mathematics Education, 29 (5), 533–554.

No Child Left Behind (NCLB) Act of 2001, Pub. L. No. 107-110, § 115, Stat. 1425 (2002).

Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulGNRW) vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102) zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2011 (GV. NRW. S. 205).

Trautmann, M. & Wischer, B. (2008). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Hg.): Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 9. Perspektiven der Didaktik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 159–172.

Maria Filmer Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Entwicklung und Erforschung von Unterstützungsmaßnahmen zur Umsetzung selbstregulativer Ansätze im Chemieunterricht

Schüler/innen sollen im Rahmen ihrer schulischen Ausbildung gewisse selbstregulative Kompetenzen erlernen, um so auf den ihnen bevorstehenden lebenslangen Lernprozess vorbereitet zu werden und um bessere Lernerfolge während der Schulzeit erzielen zu können. (Boekaerts, 1999; Zimmerman, 2002) Die Lernenden sollen trainieren, die Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess zu übernehmen, indem sie zentrale Aspekte des selbstregulierten Lernens (SRL) umsetzen. Dazu gehören beispielsweise

- die eigenständige Zielsetzung und Strategieplanung zu Beginn eines Lernprozesses,
- die Strategieumsetzung und Selbstbeobachtung während des Lernprozesses und
- die abschließende Reflexion des Lernergebnisses und des Verhaltens. (Zimmerman, 2002)

Gewisse Rahmenbedingungen, wie inhaltliche und zeitliche Vorgaben und häufig hohe Schülerzahlen pro Klasse erschweren allerdings die Vermittlung selbstregulativer Kompetenzen. (Zimmerman, 2002; Wirth, 2009) Deswegen ist es das Ziel dieses Projektes, Unterrichtsmaterialien für den Chemieunterricht zu entwickeln und zu erproben, um die Möglichkeiten und Grenzen bei der Umsetzung selbstregulativer Fertigkeiten unter den gegebenen Herausforderungen zu erforschen.

Als Untersuchungsdesign wurde in diesem Projekt die „partizipative fachdidaktische Aktionsforschung“ (Eilks & Ralle, 2002) gewählt, um so Unterrichtsmaterialien entwickeln zu können, die einen hohen unterrichtspraktischen Bezug aufweisen. In Zusammenarbeit mit ca. zehn Lehrkräften wurden bei regelmäßigen Treffen (ca. alle sechs bis acht Wochen) Unterrichtsmaterialien entwickelt und mehrmals überarbeitet, bevor die Materialien das erste Mal im Unterricht eingesetzt wurden. Die Umsetzung der Materialien erfolgte durch die teilnehmenden Lehrkräfte der Aktionsforschungsgruppe oder durch andere Lehrende der beteiligten Schulen, die zuvor entsprechend ins Material eingewiesen wurden. Ein Teil der Lehrkräfte wurde von Mitarbeiter/innen der Universität in den Unterricht begleitet, um die Arbeit der Lernenden zu videografieren und um Interviews mit einzelnen Schüler/innen zu führen.
Die Beobachtungsergebnisse der Lehrer/innen und die Auswertung der gesammelten Daten wurden anschließend in der Aktionsforschungsgruppe diskutiert, um die Unterrichtsmaterialien an geeigneten Stellen zu optimieren, bevor sie erneut im Unterricht eingesetzt wurden.

Eine Lernumgebung, die im Rahmen dieses Aktionsforschungsvorhabens entwickelt wurde, beschäftigt sich mit dem Thema der Trennverfahren (Aufbau der Lernumgebung vgl. Filmer & Ralle, 2014).
Diese Lernumgebung beschäftigt sich schwerpunktartig mit dem Aspekt „Zielsetzung“ des SRL. Die Schüler/innen sollten jeweils zu Beginn der Station, bevor sie das Experiment durchführen, ein Ziel formulieren, um anschließend das Experiment fokussiert durchzuführen. In der ersten Runde der Stationsarbeit bekamen die Lernenden als Grundlage für die Zielformulierung einen Informationstext, auf dem der theoretische Hintergrund zum jeweiligen Trennverfahren erläutert wurde und einen kurzen Überblick (kurze Umschreibung oder Skizze des Versuchsaufbaus) darüber, was sie beim Experiment erwartete. Bei der Formulierung bekamen die Schüler/innen zur Entlastung zusätzlich Satzbausteine

vorgeschlagen, die jedoch keine inhaltlichen Aspekte vorwegnahmen. Am Ende der Station, nachdem das Experiment durchgeführt und protokolliert wurde, reflektierten die Schüler/innen ihre Ziele, indem sie in einer Tabelle ankreuzten, inwieweit sie das Ziel erreicht hatten oder nicht.
In der zweiten Runde der Lernumgebung waren die Lernenden gefragt, ihre Ziele auf Grundlage einer kontextorientierten Problemstellung und der in der ersten Runde gelesenen Informationskarten zu formulieren. Wie in der ersten Runde standen den Lernenden Formulierungshilfen zur Verfügung und sie mussten auch hier ihre Ziele reflektieren.
Bisher wurden nur die Ziele der ersten Runde ausgewertet, deswegen werden die Zielformulierungen der zweiten Runde in diesem Beitrag nicht diskutiert.

Für die Auswertung der Zielformulierungen wurde ein Kodiermanual entwickelt, um die Ziele hinsichtlich ihrer inhaltlichen Qualität zu überprüfen. Intendiert war, dass die Schüler/innen in ihren Zielformulierungen Inhalte der Informationskarte wiedergeben und/oder auf das durchzuführende Experiment eingehen sollten. War dies den Schüler/innen gelungen, wurde das Ziel mit der Kategorie „tiefere Auseinandersetzung“ kodiert. Fachliche und sprachliche Mängel wurden hier zunächst nicht negativ bewertet.
Ziele, die in ihren Formulierungen sehr allgemein gehalten waren und keinen speziellen Bezug zur Station aufwiesen, wurden mit der Kategorie „allgemeine Formulierung“ kodiert. Wurde im Ziel das richtige Trennverfahren benannt, jedoch kein Bezug zur Informationskarte beziehungsweise zum Experiment hergestellt, so wurde die Kategorie „oberflächliche Formulierung“ gewählt. Die Kategorie „fehlerhafte Formulierung“ wurde kodiert, wenn die Ziele keinen Sinn ergaben, weil sie zum Beispiel ein falsches Trennverfahren benannten.
Nicht nur die Qualität der Ziele, sondern auch die Reflexion über diese, welche die Schüler/innen am Ende der Station durchführten, wurde bewertet. Als Referenz diente hier eine Zielreflexion von Experten, die anhand der formulierten Protokolle der Lernenden einschätzten, ob die Schüler/innen das Ziel erreichten oder nicht. Die Ergebnisse dieser Analyse werden in diesem Beitrag nicht diskutiert.
Neben den Zielformulierungen wurden auch die Videos ausgewertet, die während des Unterrichts von einzelnen Schülergruppen aufgenommen wurden. Bisher wurde anhand der Videos untersucht, ob die Lernenden die einzelnen Arbeitsphasen einhielten und wie lange sich die Schüler/innen in den einzelnen Arbeitsphasen aufhielten.

Für die Auswertung standen Videoaufnahmen und Schülermaterialien von fünf 7. Klassen zur Verfügung (vier Klassen einer Gesamtschule, eine Klasse eines Gymnasiums). Insgesamt wurden bisher 22 Unterrichtsvideos der ersten Stationsarbeit ausgewertet, bei denen die Schüler/innen in Zweier- oder Dreiergruppen in einer Doppelstunde gearbeitet haben. Zudem standen für die Analyse 366 Zielformulierungen aus der ersten Stationsarbeit zur Verfügung.

Erste Ergebnisse der Videoanalyse zeigten, dass sich die Lernenden in ca. 40 % der Unterrichtszeit mit dem Experiment befassten, indem sie sich dem Experiment theoretisch widmeten, sich also mit der Informationskarte oder mit dem Protokoll auseinandersetzten oder den Versuch praktisch aufbauten und durchführten. Der Anteil der Lehrerbeteiligung lag bei ca. 14 %, sodass die Schüler/innen zum größten Teil selbstständig arbeiteten. Die Auseinandersetzung mit dem Ziel lag bei ca. 5 % des Unterrichts. Dieser Wert wurde vor dem Hintergrund, dass die Schüler/innen die Zielreflexion in der Regel nur sehr oberflächlich vollzogen, als zu gering eingeschätzt. In mindestens 10 % der Zeit beschäftigten sich die Schüler/innen bewusst nicht mit der Stationsarbeit.

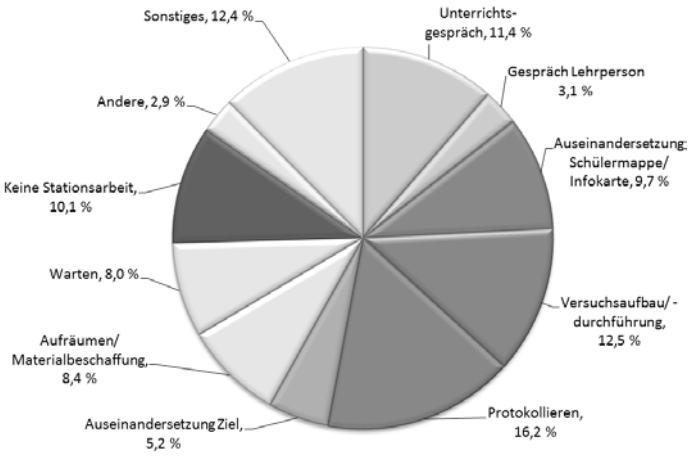


Abb. 1: Verteilung der Arbeitsphasen während der ersten Stationsarbeit ($n_{Schüler/innen}=61$)

Bei der Auswertung der Zielformulierungen konnte festgestellt werden, dass es den Schüler/innen in ca. 65 % der Fälle gelungen war, sich bei den Zielformulierungen tiefer mit den Inhalten der Station auseinanderzusetzen. Oberflächliche Bezüge wurden in ca. 19 %, allgemeine Formulierungen in ca. 7 % und fehlerhafte Formulierungen in ca. 10 % der Fälle formuliert. Den Lernenden war es also häufig gelungen, Ziele zu formulieren, die sich auf die Inhalte der Station bezogen.
Beispiele für Konsequenzen, die aus der bisherigen Auswertung der Daten gezogen wurden, sind, die ausführlichere Anleitung der Zielreflexion, indem die Reflexion begründet vollzogen werden muss und die stärkere Anpassung des Textniveaus der Informationskarten, um zentrale Informationen leichter entnehmen zu können, die für die Zielformulierung und Protokollierung benötigt werden.

Im weiteren Verlauf des Projekts werden weitere Daten zur Lernumgebung ausgewertet, um aus den Gesamtergebnissen gemeinsam mit den Lehrkräften Konsequenzen bezüglich der Materialien und des Vorgehens für einen weiteren Durchlauf dieser Lernumgebung zu ziehen.
Des Weiteren wurde im Rahmen dieses Projekts eine zusätzliche Lernumgebung zum Thema der Salze entwickelt, wobei die Schwerpunkte bei dieser Unterrichtseinheit auf anderen Aspekten des SRL liegen. Die Lernenden sollten bei dieser Einheit den bewussten Einsatz verschiedener Lesestrategien und den Gebrauch mit Tippkarten trainieren. Die gesammelten Daten zu dieser Lernumgebung werden ebenfalls ausgewertet und zusammen mit der Aktionsforschungsgruppe diskutiert.

Literatur

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where are we today. International Journal of Educational Research. 31, 445-457

Eilks, I., Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. In: Chemie konkret 9(1), 13-18

Filmer, M., Ralle B. (2014). Entwicklung und Erforschung von Ansätzen selbstregulierten Lehrens und Lernens im Chemieunterricht. In: Bernholt S. (Hg.). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013

Wirth, J. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts (Editorial). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23, 91-94

Zimmerman, B.-J. (2002). Becoming a Self-Regulates Learner: An Overview. Theory Into Practice. 2/41, 64-70

Marcel Bullinger PH Ludwigsburg
Erich Starauschek

Handlungsorientierung und Selbsterklärung in der Primarstufe

Einleitung

Der Stand der Forschung zur Wirkung einer Handlungsorientierung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Primarstufe ist weitgehend offen (Möller, 2007). Insbesondere ist ungeklärt, ob sich ein handelnder Umgang mit realen Objekten vom Wissenserwerb mit vergleichbaren Bildern unterscheidet (Bullinger & Starauschek, 2014). Letztendlich scheinen die kognitiven Prozesse entscheidend zu sein (Minner, Levy & Century, 2010). Eine Möglichkeit kognitive Prozesse anzuregen sind Selbsterklärungen (Fonseca & Chi, 2011). Der Stand der Forschung zur Wirkung von Selbsterklärungen in der Primarstufe ist jedoch auch nicht eindeutig (Bullinger & Starauschek, 2014). Aussichtsreich für die Primarstufe scheinen jedoch Selbsterklärungen an Bildern (Starauschek & Dockhorn, 2009). Es sollen daher folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Unterscheidet sich der Wissenserwerb in der Primarstufe in Lernumgebungen mit Bildern vom Wissenserwerb in den gleichen Lernumgebungen mit Handlungen an realen Objekten?
- Unterscheidet sich der Wissenserwerb in der Primarstufe in Lernumgebungen ohne Selbsterklärung vom Wissenserwerb in den gleichen Lernumgebungen mit Selbsterklärung?

Vorstudie

Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurde eine erste experimentelle Vorstudie mit Treatment-Kontrollgruppen-Design (3x1) sowie Pre-, Post- und Follow Up-Testung durchgeführt. Die randomisierte Stichprobe besteht aus $N = 52$ Probanden der Primarstufe im Alter von $M = 9.97$ ($SD = 1.36$) Jahren. Abhängige Variable ist der Wissenserwerb zur optischen Abbildung an der Lochkamera (Skala mit 13 Items; $\alpha = .73$, $.15 < r_{it} < .66$ im Posttest; $\alpha = .77$, $.11 < r_{it} < .68$ im Follow Up). Unabhängige Variable ist die Zuordnung zu einer der drei Treatmentgruppen. In jeder Treatmentgruppe bearbeiteten die Probanden in Einzelinterventionen ein computergestütztes Lernprogramm zur optischen Abbildung an der Lochkamera. Das Lernprogramm besteht aus 14 aufeinander folgenden Sequenzen. In Treatment A, Bilder ohne Selbsterklärung, besteht jede Sequenz aus einem Bild und einem passenden Informationstext, der zum Bild gesprochen wird (auditiver Modus). Für das Treatment B, Bilder mit Selbsterklärung, erfolgt nach jedem Bild und nach jedem Informationstext ein Prompt zur Äußerung von Selbsterklärungen. In Treatment C werden die Bilder von Treatment B durch Handlungsinstruktionen und eine reale Lochkamera ersetzt (Handlungen mit Selbsterklärung). Eine Lernumgebung besteht also aus einem zum Teil adaptierten Lernprogramm und ggf. Gegenständen. Ergebnisse: Der Wissenszuwachs in Treatment B ist signifikant größer als in Treatment A mit großer Effektstärke. Treatment C unterscheidet sich hingegen nicht von Treatment B (Bullinger & Starauschek, 2014).

Mögliche Konfundierungen der Ergebnisse der Vorstudie

(1) Das Lernprogramm besteht aus zwei Teilen: Die Phänomenologie der optischen Abbildung an der Lochkamera und die Erklärung der optischen Abbildung an der Lochkamera mittels Lichtbündeln (Abb. 1). Die Verwendung des Modells der Lichtbündel ist jedoch in der Primarstufe explorativ. Der Stand der Forschung zu Schülervorstellungen in der Optik spricht gegen die Verwendung dieses Modells, da dies nicht auf dem Vorwissen zur Lichtausbreitung von SchülerInnen der Primarstufe aufbaut (vgl. u. a. Guesne, 1985).

Die Ergebnisse können daher konfundiert sein – gleichwohl diese Konfundierung in allen Treatments auftreten kann. Sie erklärt zumindest die niedrige mittlere Lösungswahrscheinlichkeit der Items in der gesamten Stichprobe ($p_{Posttest}$ = .35 , $p_{Follow\ Up}$ = .28)

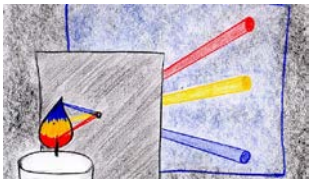


Abb. 1: Beispielbild der Lernumgebung zur Erklärung der Abbildung mittels Lichtbündel (Quelle: Starauschek, 2006, S. 157).

(2) Die Bilder in Treatment A und B und im Wissenstest sind als Handzeichnungen gestaltet (Abb. 1 & 2). Diese Darstellung könnte im Wissenstest die Probanden des Treatments C benachteiligen, da diese u. U. eine zusätzliche Abstraktionsleistung (Übertragung des realen Objektes auf die zeichnerische Darstellung) erbringen müssen.

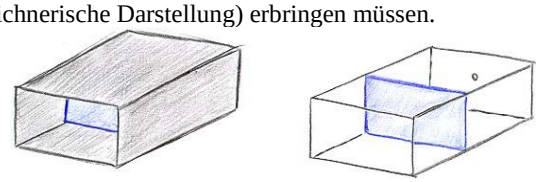


Abb. 2: Beispielbild zur visuellen Darstellung im Lernprogramm und im Wissenstest (Quelle: Starauschek, 2006, S. 154).

(3) In Treatment C erlauben nur die phänomenologischen Inhalte ein Handeln mit einer realen Lochkamera. Die Erklärung der optischen Abbildung ist in allen drei Treatments durch Bilder gegeben. Damit besteht Treatment C aus einem Teil, in dem das Phänomen an der Lochkamera handelnd erkundet wird und einem Teil, in dem das Phänomen wie in den anderen beiden Treatments anhand von Bildern erklärt wird.
(4) Nur wenige Items des Tests beziehen sich explizit auf den phänomenologischen Teil des Lernprogramms. Mögliche Gruppenunterschiede zwischen Treatment B und C können unter Umständen nicht gemessen werden.

Weiterentwicklungen
Für die geplante Hauptstudie wurden die Lernumgebungen verändert und der Wissenstest weiterentwickelt:
(1) Inhaltliche Reduktion der Lernumgebungen auf die Phänomenologie der optischen Abbildung mit der Lochkamera. Dieser phänomenologische Teil erfuhr eine Erweiterung durch den Zusammenhang zwischen Blendengröße und Veränderung des Bildes.
(2) Alle handgezeichneten Bilder des Lernprogramms wurden durch entsprechende Fotografien ersetzt (vgl. Abb. 2 und Abb. 3).

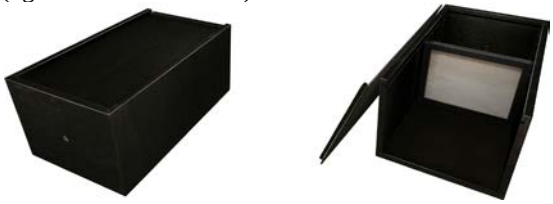


Abb. 3: Beispielbild zur weiterentwickelten visuellen Darstellung im Lernprogramm und im Wissenstest.

(3) Eine umfassende inhaltsvalide Weiterentwicklung des Wissenstests durch neue Items. In diesem Zuge wurden auch hier die handgezeichneten Bilder durch Fotografien ersetzt (vgl. Abb. 2 und Abb. 3).

Ausblick

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird die Hauptstudie mit den weiterentwickelten Lernumgebungen und dem Wissenstest durchgeführt. Wie bei der Vorstudie dient auch hier der Wissenserwerb zur optischen Abbildung an der Lochkamera als abhängige Variable (Pre, Post- und Follow Up Testung). Bekannte Kontrollvariablen wie Intelligenz und Interesse werden ebenfalls erhoben. Die unabhängige Variable wird im Vergleich zur Vorstudie in vier Treatments ausdifferenziert:

Tab. 1: 2x2-Design der Hauptstudie mit zwei unabhängigen Variablen (UV) und vier Treatments.

		Handlungsorientierung (UV1)	
		Bilder	Handlungen
Selbsterklärung (UV2)	Ohne Selbsterklärung	Bilder ohne Selbsterklärung	Handlungen ohne Selbsterklärung
	Mit Selbsterklärung	Bilder mit Selbsterklärung	Handlungen mit Selbsterklärung

Die Probanden bearbeiten in jeder Treatmentgruppe das jeweilige Lernprogramm in Einzelinterventionen. Die Stichprobe soll in vierten Klassen der Primarstufe rekrutiert werden. Für den Nachweis von mittleren Effekten (Poweranalyse: Anova, $\alpha = .10$, $1-\beta = .80$) sind etwa 110 Probanden notwendig[1].

Literatur

Bullinger, M. & Starauschek, E. (2014). Physik mit Phänomenbegegnung und Selbsterklärung in der Primarstufe. In S. Bernholt (Eds.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 498-500

Fonseca, B. & Chi, M. (2011). Instruction based on self-explanation. In E. Mayer & P.A. Alexander (Eds.), Handbook of research on learning and instruction. New York u.a.: Routledge, 296-321

Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), Children's ideas in science. Ballmoor: Open University Press, 10-32

Minner, D., Levy, A. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of research in science teaching, 47 (4), 474-496.

Möller, K. (2007). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert (Eds.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 411-416

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

Starauschek, E. & Dockhorn, J. (2009). Physiklernen in der Primarstufe durch Selbsterklärungen mit Bildern. In D. Höttecke (Eds.), Chemie und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT, 110-112

[1] Berechnung mittels G-Power Version 3.1.5; Quelle: http://www.gpower.hhu.de/

Katrin Schüßler Universität Duisburg-Essen
Jenna Koenen
Elke Sumfleth

Promptunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Die lernförderliche Wirkung von Lösungsbeispielen wurde in gut strukturierten Domänen, wie zum Beispiel der Statistik (Stark, 1999), bereits belegt. Auch in weniger stark algorithmisch strukturierten Domänen, wie Biologie (Mackensen-Friedrich, 2004) oder Chemie (Koenen, 2014; Kölbach, 2011), werden in den letzten Jahren immer häufiger Lösungsbeispiele eingesetzt. Lösungsbeispiele sind Lernaufgaben, die eine Problemstellung, die zur Problemlösung notwendigen Lösungsschritte sowie eine abschließende Problemlösung umfassen (Atkinson, Renkl & Merrill, 2003). Lösungsbeispiele entsprechen demnach expertenhaften Musterlösungen für ein Problem (Atkinson, Derry, Renkl & Wortham, 2000), die aufzeigen wie beispielsweise ein Prinzip oder Gesetz angewandt werden kann (Renkl, 2005). Sie erwiesen sich bisher insbesondere für den anfänglichen Wissenserwerb von Bedeutung (u. a. Atkinson et al., 2000), da die selbstständige Suche nach einer Problemlösung entfällt, sodass im Sinne der Cognitive Load Theory (z. B. Sweller, 2005) die extrinsische Belastung während des Lernprozesses reduziert wird. Durch diese kognitive Entlastung kann der Lernende mehr kognitive Kapazität für das Verständnis der präsentierten Musterlösung nutzen und so das zugrunde liegende Prinzip besser erlernen (Ward & Sweller, 1990). Die kognitive Entlastung der Lernenden gelingt allerdings nur, wenn Prinzipien zur lernförderlichen Gestaltung von Lernmaterial (Mayer, 2009) bei der Entwicklung der Lösungsbeispiele berücksichtigt werden. Neben der lernförderlichen Gestaltung ist die Generierung von Selbsterklärungen für den Lernprozess relevant (Renkl, 2005). Selbsterklärungen dienen dazu, implizite Informationen aufzudecken und führen zur Korrektur von Vorstellungen (Chi, 2000). Allerdings generiert höchstens die Hälfte der Lernenden spontan lernförderliche Selbsterklärungen (Renkl, 1997; Stark, 1999). Als Einflussfaktoren für die Generierung von Selbsterklärungen werden insbesondere das Vorwissen und die Fähigkeit, den eigenen Lernprozess zu überwachen und zu steuern, diskutiert (Chi, 2000; Kroß & Lind, 2002; Renkl, 1997; Stark, 1999). Prompts oder Lernhinweise stellen eine Unterstützungsmaßnahme zur Generierung von Selbsterklärungen dar (Berthold & Renkl, 2010). Bisher ist nicht geklärt, wie optimale Promptingmaßnahmen angelegt sein sollten. Art, Spezifität und Timing von Prompts können stark variieren und sind Gegenstand aktueller Forschung (für einen Überblick siehe Bannert, 2009).

Inhaltlich-offene Prompts bieten Lernenden die Chance für sie persönlich wichtige Ideen eines Textabschnittes zu identifizieren und intensiver zu betrachten. Da mentale Repräsentationen individuell konstruiert werden, sollten sich inhaltlich-offene Prompts als vorteilhaft erweisen, weil sie Lernenden die Möglichkeit bieten, ihre mentale Repräsentation mit der Darstellung im Lösungsbeispiel abzugleichen (Modellinspektion) und bei Bedarf zu korrigieren (Modellkonstruktion) (Schnotz & Bannert, 2003). Lernenden, denen die metakognitiven Fähigkeiten fehlen, um eigene Verständnisschwierigkeiten zu erkennen und eine entsprechende Reaktion einzuleiten (siehe Renkl, 2001), könnten mit der inhaltlich-offenen Promptingmaßnahme aber überfordert sein und sollten stärker von der inhaltlich-fokussierten Promptingmaßnahme profitieren. Inhaltlich-fokussierte Prompts lenken die Aufmerksamkeit der Lernenden auf Aussagen zu bestimmten inhaltlichen Aspekten und fordern sie dazu auf, sich intensiver mit diesen auseinanderzusetzen.

Forschungsfragen

Ziel dieser Studie ist es, die Effektivität unterschiedlicher Promptingmaßnahmen beim Aufbau eines ersten konzeptuellen Verständnisses chemischer Fachinhalte durch Lernen mit Lösungsbeispielen zu untersuchen.

1. Inwieweit führen inhaltlich-offene-Prompts beim Lernen mit Lösungsbeispielen zu besseren Lernergebnissen in Bezug auf die Fachinhalte als Lösungsbeispiele mit inhaltlich-fokussierten-Prompts oder Lösungsbeispiele ohne diese beiden Promptingmaßnahmen?
2. Inwieweit gibt es innerhalb einer Experimentalgruppe Zusammenhänge zwischen dem Lernerfolg und individuellen Faktoren der Lernenden, wie a) Vorwissen, b) Interesse, c) privates Leseverhalten, d) Leseverständnis, e) kognitive Fähigkeiten, f) Fähigkeit den eigenen Lernerfolg einzuschätzen und g) Cognitive Load bei der Bearbeitung der Lösungsbeispiele?

Studiendesign

Um diese Fragen zu untersuchen, wird aktuell eine Pilotstudie mit Prä-, Post-, Follow up-Design mit drei Gruppen (siehe Tabelle 1) im Chemieunterricht der Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen durchgeführt ($N = 175$). Eingesetzt werden drei Lösungsbeispiele (je 90 Minuten) zum Thema saure Lösungen. Die Kontrollgruppe erhält Lösungsbeispiele mit Basisprompts, die eine aktive Beispielbearbeitung unterstützen und Verständnisillusionen vermeiden (siehe Stark, 1999). Zusätzlich erhalten die Lernenden der ersten Experimentalgruppe inhaltlich-fokussierte Prompts, die sie dazu auffordern Aussagen zu Fachinhalten einzuschätzen, zu vergleichen und zu bewerten. Die Lernenden der zweiten Experimentalgruppe erhalten - ebenfalls zusätzlich zu den Prompts der Kontrollgruppe - inhaltlich-offene Prompts, die sie dazu auffordern zusammenzufassen, was sie aus dem vorangegangenen Abschnitt gelernt haben.

Tabelle 1: Testinstrumente

Prä-Test (1. Termin)	Generelle Angaben (Alter, Geschlecht, ect.) Chemie- und Deutschnote Privates Leseverhalten Interesse an Chemie/NW (Fechner, 2009; Klos, 2007) Vorwissen: mentale Repräsentation, Fachwissen
Intervention (drei Termine)	Motivation *(FAM)* (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) Lernzeit Cognitive Load: difficulty (Kalyuga, Chandler, Tuovien & Sweller, 2001) und mental effort (Paas, 1992) Bewertung des Lösungsbeispiels und der Prompts
Post-Test (5. Termin)	Lesekompetenz *(LGVT)* (Schneider, Schlagmüller & Ennemoser, 2007) kognitive Fähigkeiten *(N2)* (Heller & Perleth, 2000) Selbsteinschätzung des Lernerfolgs (siehe Schütte, 2012) Lernerfolg: mentale Repräsentation, Fachwissen
Follow up (6. Termin)	Selbsteinschätzung des Lernerfolgs (siehe Schütte, 2012) Lernerfolg: mentale Repräsentation, Fachwissen

Unterschiede im Lernzuwachs sollen Aufschlüsse über die verschiedenen Wirkungsweisen der Prompts geben. Als Indikator für den Lernzuwachs werden das Fachwissen und die mentale Repräsentation erhoben. Zusätzlich wird eine Reihe von Kontrollvariablen erhoben (siehe Tabelle 1). Die von Schütte (2012) als Prädiktor für den Lernerfolg in selbstregulierten Lernsituationen identifizierte Selbstregulationsteilkompetenz *Einschätzen des aktuellen Wissensstands* soll erfasst werden, um zu prüfen, ob diese Fähigkeit auch beim Lernen mit geprompteten Lösungsbeispielen von Bedeutung ist.

Relevanz und Ausblick

Erwartet werden Hinweise auf Abhängigkeiten zwischen Promptingmaßnahmen und individuellen Merkmalen der Lernenden, die dann zukünftig genutzt werden können, um Lernende durch angemessene Promptingmaßnahmen zu unterstützen. Die aktuelle Pilotstudie dient dazu, erste Hinweise auf mögliche Wechselwirkungen zwischen individuellen Merkmalen der Lernenden und der Wirksamkeit der Promptingbedingungen aufzuzeigen. Nach der Datenauswertung und einer Optimierung des Materials ist eine Hauptstudie mit einer größeren Stichprobe ($N = 300$) geplant.

Literatur

Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. W. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked example research. Review of Educational Research, 70, 181-140.

Atkinson, R. K., Renkl, A., & Merrill, M. M. (2003). Transitioning from studying examples to solving problems: effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. Journal of Educational Psychology, 95(4), 774-783.

Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23(2), 139-145.

Berthold, K. & Renkl, A. (2010). How to foster Active Processing of Explanations in Instructional Communication, Educational Psychology Review. 22, 25-40.

Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: the dual process of generating inferences and repairing mental models. In: Robert Glaser (Ed.), Advances in Instructional Psychology (161-238), Mahwah, NJ: Erlbaum.

Fechner, S. (2009). Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos

Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe.

Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When Problem Solving Is Superior to Studying Worked Examples. Journal of Educational Psychology, 93(3), 579-588.

Klos, S. (2007). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts. Berlin: Logos

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

Kölbach, E. (2011). Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen. Berlin: Logos Verlag

Kroß, A. & Lind, G. (2002). Lernen mit Beispielaufgaben in Biologie und Physik, Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht, 54, 491-496.

Mackensen-Friedrich, I. (2004). Förderung des Expertiseerwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben. Kiel: Christian-Albrechts-Universität.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. Second Edition. New York, Cambridge University Press.

Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. Journal of Educational Psychology, 84(4), 429-434.

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

Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study of individual differences. Cognitive Science, 21(1), 1-29

Renkl, A. (2001). Explorative Analyse zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen. Unterrichtswissenschaft, 29(1), 41-63.

Renkl, A. (2005). The Worked-Out Example Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (229-246). New York, Cambridge University Press.

Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). Lesegeschwindigkeits- und –verständnistest für die Klassen 6-12. Göttingen: Hogrefe.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13, 141-156.

Stark, R. (1999) Lernen mit Lösungsbeispielen. Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispielelaboration, Lernerfolg und Motivation. Göttingen: Hogrefe

Schütte, M. (2012). Selbstreguliertes Lernen aus Sachtexten – Modellierung und Erfassung der erforderlichen Teilkompetenzen. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (19-30). New York, Cambridge University Press.

Ward, M. & Sweller, J. (1990). Structuring Effective Worked Examples, Cognition and Instruction, 7, 1-39.

Abdelmadjid Chenouga PH/ENS Algier
Mahdi Benbetka
Ahmed Latef

Der Einfluss der Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse im Physikunterricht

Zusammenfassung
Diese Arbeit zielt darauf ab, die Auswirkungen der Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse bei dem Schüler der ersten der Mittelstufe im Physikunterricht in Algerien zu untersuchen. Es wurde ein Fragebogen für die Kontrollgruppe, die nach traditioneller Methode unterrichtet wurde, gemacht und ein zweiter Fragebogen wurde für die Versuchsgruppe, die nach der Methode des Problemlösens unterrichtet wurde, durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten statistisch signifikante Unterschiede bei 0,05 Niveaus der durchschnittlichen Leistung für die Versuchsgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe.

Theoretische Grundlagen
Das algerische Ministerium für Erziehung und Bildung bemühte sich bei der Reform der Lehrpläne seit dem Jahr 2003 die Lehrmethoden der Naturwissenschaften zu verbessern (David, 2006; Seitun, 2004), trotzdem arbeiten die meisten Lehrer immer noch mit den traditionellen Methoden im Unterricht.
Die Methode des Problemlösens besteht aus vier Phasen oder Etappen nach Lehrplananforderungen. Man kann sie auch Stationen des Unterrichts nennen, wie im Lehrplan für die Mittelschule des Physikunterrichts geschrieben wurden (Physiklehrplan; Algier 2003). Und bei anderen werden als Phasen der Unterrichtsstrategien genannt (Duit, 1993). Diese Phasen wurden im Lehrplan wie folgendes dargestellt:

1. Ausgangsphase: Vorverständnis der Schüler identifizieren
2. Formulierungsphase: Möglichkeiten für die Schüler geben, um ihre Vorschläge und Ansichten und Vorstellungen zu äußern
3. Validierungsphase: Möglichkeiten für die Schüler geben, Aussagen zu formulieren, ihre Aktivitäten durch Skizze eines Experimentes zeigen, eine Experimentieranordnung vorzustellen und aufzubauen, durch Experimentieren selbständig entdecken, um ihre Erfahrungen und Erkenntnisse mit anderen Schülern auszutauschen und zu erweitern.
4. Kodifizierungsphase/Phase der Konstitutionalisierung der Erkenntnisse: Kodifizierung der erzielten Ergebnisse: Konzept, Theorie, Gesetz, die richtige Lösung für das Problem geben, neue Situationen vorschlagen, um die neue erworbene Erkenntnisse anzuwenden.

Wahrscheinlich wird über den Einfluss des Unterrichts bzw. über den Einfluss der Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse im Physikunterricht konzentriert. Der Lehrer muss die Lehrplananforderungen verfolgen und den Inhalt des Lehrbuchs im Unterricht bearbeiten. Die Hauptsache für uns ist, wie die Schüler im Unterricht mit der Methode des Problemlösens reagiert werden. Das Vorgehen soll die Schüler befähigen, sich aktiv mit dem vorhandenen Wissen und den Erkenntnissen auseinandersetzen.

Ziele der Arbeit
Aus diesem Grund zielt diese Arbeit darauf ab, die Auswirkungen der Methode des Problemlösens, die im neuen Physiklehrplan angenommen wurde, auf die Aneignung der Erkenntnisse bei dem Schüler der ersten der Mittelstufe im Physikunterricht in Algerien zu untersuchen.

Beschreibung der Stichprobe
Die Stichprobe besteht aus 56 SchülerInnen von der 1. Klasse der Mittelstufe (12 Jahre). Diese Stichprobe wurde in zwei Gruppen: Versuchsgruppe (28) und Kontrollgruppe (28) aufgeteilt. Die Versuchsgruppe wurde nach der Methode des Problemlösens unterrichtet und die Kontrollgruppe nach traditioneller Methode unterrichtet. Die zwei Gruppen wurden parallel unterrichtet. Die Versuchsgruppe wurde von dem Forscher selbst unterrichtet, während die Kontrollgruppe von einem Physiklehrer der Mittelstufe unterrichtet wurde.
Es wurde ein T-Tests für unabhängige Daten verwendet, um die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Noten der beiden Studiengruppen in den Vor- und Nachtests auszuwerten. Die SchülerInnen hatten maximal 50 Minuten Zeit, um den Test zu bearbeiten. Als Variablen der Studie werden die unabhängigen Variablen: Unterrichtsmethode, Geschlecht und die abhängigen Variablen: Aneignung der Erkenntnisse und die Ansichten der SchülerInnen in Betracht gezogen. Es wurde eine Vorbereitung der Unterrichtseinheiten „Die Sonne als Lichtquelle“ und „Gradlinige Verbreitung des Lichtes“ nach Lehrplananforderungen im Bereich Optik für die erste Klasse der Mittelstufe erarbeitet.

Wissenschaftliche Frage und Hypothesen
Welche Auswirkungen hat die Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse im Physikunterricht?
- Kein statistisch signifikanter Unterschied in den durchschnittlichen Leistungen zwischen Mitgliedern der beiden Gruppen bei 0,05 Niveaus in den Vortests.
- Kein statistisch signifikanter Unterschied in den durchschnittlichen Leistungen zwischen Mitgliedern der beiden Gruppen bei 0,05 Niveaus in den Nachtests.
- Keinen statistisch signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Leistungen männlicher und weiblicher Versuchs-und Kontrollgruppen bei 0,05 Niveaus in den Nachtests.

Die Darstellung der ausgewählten Ergebnisse
Die ausgewählten Ergebnisse beruhten auf der Annahme, dass die Methode des Problemlösens auf die Aneignung der Erkenntnisse im Physikunterricht auswirkt. Die Schülernoten der Prüfung des zweiten Semesters für die Fachphysik waren als die Ergebnisse des Pretests. Zur Analyse und Auswertung dieser Ergebnisse haben wir Test (T-Student) genutzt.

Die Ergebnisse des Vor- und Nachtests von Versuchs- und Kontrollgruppe
Der Wert T^c ist kleiner als der Wert T^t bei 0,05 Niveau, es gibt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den SchülerInnen in der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe vor dem Unterricht mit der Methode des Problemlösens, d.h. gibt es die Gleichheit bei den zweier Gruppen (Tabelle 1).

Klasse	Zahl	M	δ^2	β	T^c	T^t
Kontrollgruppe	28	9.80	5.65	.88	0.92	1.67
Versuchsgruppe	28	10.60	5.39			

Tabelle 1 (N=56)

Der T^c Wert ist größer als der T^t Wert, es gibt statistisch signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Leistung bei SchülerInnen der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe bei 0,05 Niveaus (Tabelle 2).

Klasse	Zahl	M	δ^2	β	T^c	T^t
Kontrollgruppe	28	10.98	8.95	.75	1.87	1.67
Versuchsgruppe	28	12.46	7.07			

Tabelle 2 (N=56)

Der T^c Wert ist größer als der T^t Wert, es gibt signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Leistung männlichen und weiblichen der Versuchsgruppe bei 0.05 Niveau für die Mädchen im Vergleich mit den Jungen in den Nachtest (Tabelle 3).

Klasse	Zahl	M	δ^2	β	T^c	T^t
Kontrollgruppe	14	11.57	9.91	1.07	1.83	1.71
Versuchsgruppe	14	13.53	6.30			

Tabelle 3 (N= 28)

Die Überlegenheit des Lernerfolgs bei Mädchen ist besser als bei Jungen, d. h. die Mädchen haben Interesse zum Lernen im Physikunterricht. Im Vergleich mit den Ergebnissen von Martin Bader hat auch das zunehmende Interesse der Mädchen zur Folge, dass die Mädchen der Versuchsgruppe bei den Lernerfolgstests etwas besser als ihre Mitschüler abschneiden. Im Vergleich dazu ist der Lernerfolg der Mädchen der Kontrollgruppe signifikant geringer als der Lernerfolg ihrer Mitschüler (Bader, 2001).
Die Methode des Problemlösens hat ein Einfluss auf die Verbesserung und Entwicklung der Aneignung der Erkenntnisse bei dem Schüler der ersten Klasse der Mittelstufe im Physikunterricht.
Bei dieser Studie wird der Lernerfolg der Versuchsgruppe, die nach der Methode des Problemlösens unterrichtet wurde, so besser ist , als der Lernerfolg der Kontrollgruppe, die nach traditioneller Methode unterrichtet wurde.

Forschungsanträge

- Die Verwendung der Methode des Problemlösens zur Lösung von Problemen im Physikunterricht.
- Die Lehrer sollen ausgebildet werden, um der Methode des Problemlösens im Physikunterricht anzuwenden.
- Bereitstellung von Experimentiergeräte für den Unterricht der Naturwissenschaften und Technik, wobei die Alltagserscheinungen besser verstanden werden, wenn die Experimente im Physikunterricht als experimentell prüfbaren Folgerungen eingesetzt werden. Sowohl im Sinne von Demonstrationsexperimente als auch Schüler-experimente, weil sie eine wesentliche Rolle beim Erlernen der Physik in der Mittelstufe spielen.

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.

David, Suleiman Mahmoud al-Rubaie (2006): Die neue Verfahren und Methoden des Unterrichts. World Book House, Welt der Bücher, Oman, Jordanien..

Duit, R. (1993); Schülervorstellungen –von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In Naturwissenschaften im Unterricht, Physik 4,16, S.4-10

Ministerium für Erziehung und Bildung; (2003/2004): Lehrplan der Physik und Technologie der Mittelstufe; ONPS, Algier; Algerien.

Seitun, Kamel Abdelhamid (2004): Lehren in die Naturwissenschaften in Hinblick auf konstruktivistischer Sichtweise, Welt der Bücher Verlag, 2. Aufl. Kairo Ägypten, S. 227- 253. (Die Referenzen sind ins Arabisch geschrieben, nur die Titel werden ins Deutsche übersetzt

Carola Großmann Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Unstrukturierte Lernhilfen – Erste Ergebnisse einer Längsschnittstudie

Im differenzierenden Unterricht soll an die Lernvoraussetzungen eines jeden einzelnen Schülers angeknüpft werden, um ihn zur Überwindung seiner Defizite zu befähigen. Im Sinne einer optimalen Förderung sollte dabei eine Fixierung der Schüler auf bestimmte Lernniveaus unbedingt vermieden werden (Trautmann & Wischer, 2008), vielmehr sollten komplexere Lernarrangements entwickelt werden, die auch im Hinblick auf die Umsetzung des KMK Beschlusses zur Förderstrategie leistungsschwächerer Schülerinnen und Schüler (KMK, 2010) differenzierende Lernumgebungen bereitstellen. Bereits in den siebziger Jahren postulierte Just, dass Unterricht einen Raum eröffnen müsse, in dem es jedem Lerner möglich ist, auf eigene Weise zu denken. Um dem Lerner bei der Ausbildung seiner individuellen Denkstrukturen zu unterstützen, müssen ihm Antworten auf die Fragen zur Verfügung stehen, die er sich nicht selbst beantworten kann. Bezugnehmend auf diese Idee entwickelte Just die Methode der „Unstrukturierten Lernhilfen“ (Just, 1981). Unstrukturiert ist dabei als Gegenpol zum durch den Lehrer vorstrukturierten Unterrichtsgang zu verstehen, d. h. die Schüler können auf individuellen Wegen mittels Hilfen zum Ergebnis gelangen. In der Literatur werden aktuell abgewandelte Formen dieser Methode, wie die gestuften Lernhilfen (Stäudel, Franke-Braun & Schmidt-Weigand, 2007) und das Arbeiten mit Prompts (Schmidt-Weigand, Hänze & Wodzinski, 2009), eingehend diskutiert und empirisch untersucht. Im Vergleich zu unstrukturierten Lernhilfen liegt der Schwerpunkt dieser Methoden auf der schrittweisen Klärung auftretender Schülerfragen mittels aufeinander aufbauender inhaltlicher Hilfen oder Unterstützungen zur strategischen Vorgehensweise.

Förderung chemischer Lernprozesse durch unstrukturierte Lernhilfen

Inwieweit chemische Lernprozesse durch den Einsatz unstrukturierter Lernhilfen (uLH) gefördert werden können, wird mit einer Längsschnittstudie (2012-2014) in Zusammenarbeit mit zwei Hamburger Gymnasien untersucht (vgl. Großmann & Woest, 2014).

Im Rahmen des Wahlpflichtfaches „Naturwissenschaftliches Praktikum“ in Klasse 9 wurden vier Unterrichtseinheiten mit je fünf Doppelstunden entwickelt, in denen aus dem Fachunterricht bekannte chemische Sachverhalte in alltagsorientierte Kontexte eingebunden sind. Dabei stehen das Üben und die Durchführung von Experimenten mit möglichst offenen Aufgabenstellungen im Mittelunkt. Die entsprechenden uLH bieten den Schülern in der Regel inhaltliche, seltener strategische Hilfen für das selbstständige Bearbeiten der Aufgaben. Bei den Aufgaben handelt es sich einerseits um Theorieaufgaben, d. h. schriftlich zu beantwortende Text- und Rechenaufgaben, und andererseits um Experimentieraufgaben. Formal sind uLH auf Karteikarten gedruckte Texte und Bilder, die für die Schüler jederzeit frei zugänglich im Klassenraum zur Verfügung stehen. Die Verwendung der uLH ist den Schülern bezüglich des Zeitpunktes (vor/während/nach der Bearbeitung von Aufgaben) und der von ihnen verfolgten Ziele frei gestellt.

	Theorieaufgaben	**Experimentieraufgaben**
Aufgabentyp:	geschlossen, halboffen	halboffen, offen
Ziel:	Aktivierung und Verknüpfung von Vorwissen, Schließen von Wissenslücken	Übung und Festigung experimenteller Fertigkeiten, Problemlösen beim Experimentieren
uLH:	Hinweise – Lösungsansätze – Teillösungen – Gesamtlösungen	Grundidee – Geräte und Chemikalien – Skizze des Aufbaus (un-/beschriftet) – Durchführung – Beobachtung – Auswertung

Abb.1: Charakterisierung unstrukturierter Lernhilfen

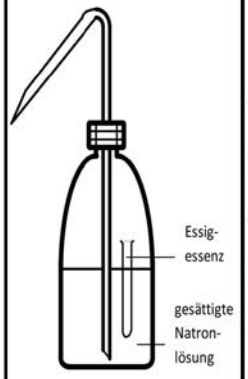
<table>
<tr>
<td>Hilfekarte
Nr. 23

Was ist eine gesättigte Lösung?</td>
<td>Hilfekarte
Nr. 25

Beschriftung des Aufbaus des Feuerlöschers</td>
<td>Hilfekarte
Nr. 26

Durchführung: Feuerlöscher laden</td>
<td>Hilfekarte
Nr. 27

Beobachtungen während des Löschens des Brandes</td>
</tr>
<tr>
<td>Hilfekarte
Nr. 24

Skizze des Aufbaus des Feuerlöschers</td>
<td> 
</td>
<td>1. man gibt so lange Natron (Natriumhydrogencarbonat) in ein mit Wasser gefülltes Becherglas bis es sich nicht mehr löst und am Boden absetzt
2. die Spritzflasche zu ¾ mit der gesättigten Natronlösung befüllen
3. das kleine Reagenzglas zu ¾ mit Essig-Essenz befüllen
4. eine kleine Menge Papier in einer Porzellanschale entzünden
5. das Reagenzglas vorsichtig mit der Pinzette in die Spritzflasche geben
6. die Spritzflasche zuschrauben
7. die Spritzflasche kurz schütteln→ Feuer löschen</td>
<td>Hilfekarte
Nr. 28

Welche Reaktionen laufen im Feuerlöscher ab?</td>
</tr>
</table>

Abb.2:Unstrukturierte Lernhilfen für Experimentieraufgaben

Erste Ergebnisse zum Einsatz unstrukturierter Lernhilfen

Nachdem die Interviews transkribiert und Daten sozialempirisch kategorisiert und analysiert wurden, können erste Ergebnissen der Hauptstudie mit denen der Pilotstudie verglichen werden (vgl. Großmann & Woest, 2014). Darauf basierend kann die Mehrzahl der Hypothesen aus der Pilotstudie bezüglich des Einsatzes und der Akzeptanz der uLH bestätigt werden.

Bei der Bearbeitung des Theorieteils kommen die uLH häufiger zum Einsatz als beim Experimentieraufgabenteil. Für die Überprüfung der Beobachtungen während des Experimentierens werden die uLH selten genutzt, da die Schüler ihre eigenen Beobachtungen als objektiv-korrekt ansehen. Auch bei der Auswertung der Experimente werden die uLH von der Mehrheit der Schüler nur selten verwendet. Es fällt auf, dass die uLH verstärkt zum Einsatz kommen, wenn Berechnungen Teil der Auswertung sind.

Die Analyse der Daten zeigt zudem, dass die Verwendung der uLH über einen längeren Zeitraum eingeführt und reflektiert werden muss, bevor die Lernenden diese aktiv in ihr eigenes Methodenrepertoire übernehmen. Sind die Schüler, wie im Gymnasium Marienthal, bereits hinlänglich mit Freiarbeitsmethoden vertraut, werden die uLH im zeitlichen Verlauf der Einheiten viel schneller als hilfreich angesehen. Die Abkopplung der Verwendung der uLH von der Benotung ist als Voraussetzung zwingend notwendig.

Einige Hypothesen der Pilotstudie werden durch die Hauptstudie nur zu Teilen bestätigt. Während die Ergebnisse der Pilotstudie zeigten, dass die uLH bei der Bearbeitung von Theorieaufgaben am häufigsten zur Überprüfung der Ergebnisse verwendet werden, ergab die Hauptstudie ein differenzierteres Bild. Die Ergebnisse der Theorieaufgaben werden nicht immer mittels uLH verglichen. Außerdem scheint die Zuhilfenahme der uLH abhängig vom

Schülertyp zu sein. Schüler mit ausgeprägt positivem Selbstkonzept greifen nur selten auf die uLH zurück. ‚Unsichere' bzw. ‚vorsichtige' Schüler nutzen die uLH stärker, um ihre eigenen Ergebnisse zu überprüfen. Unmotivierte oder sehr leistungsschwache Schüler verwenden die uLH häufig nur als Kopiervorlage. Zudem scheint die Verwendung der uLH für die Überprüfung von Ergebnissen abhängig von der Art der Aufgaben zu sein. Rechenaufgaben werden im Vergleich zu Textaufgaben tendenziell häufiger mittels uLH überprüft. Die Daten der Hauptstudie lassen außerdem erkennen, dass mit Freiarbeit wenig vertraute Schüler ihre Ergebnisse nicht aus eigener Motivation, sondern nur auf Drängen des Lehrers überprüfen.

Die Hypothese, dass die frei zugänglichen Lösungen auf den uLH und die Abkopplung der Nutzung der uLH von der Benotung der Schüler nicht zum Rückgang der intrinsischen Motivation führen, Aufgaben und Experimente eigenständig zu bearbeiten, muss noch mittels Methodentriangulation genauer verifiziert werden. Eine erste Auswertung der Beobachtungsprotokolle und der Schülerinterviews ergeben stark variierende Aussagen. Die Motivation der Schüler eigenständig zu arbeiten, scheint in hohem Maße sowohl mit der entsprechenden Tagesform als auch der Leistungsfähigkeit des einzelnen, vor allem im Fach Chemie, zu korrelieren. Bei sehr leistungsschwachen Schülern, deren intrinsische Motivation bezüglich des eigenständigen Lösens von Aufgaben nur sehr gering ausgeprägt ist, scheint der Einfluss der uLH auf die Motivation sogar völlig fragwürdig.

Ausblick

Die Auswertung der Daten der Hauptstudie soll folgende weitere Forschungsfragen klären: Können bestimmte experimentelle Fähigkeiten und Fertigkeiten ermittelt werden, die für das erfolgreiche Arbeiten mit uLH erforderlich sind? Wie wirkt sich eine starke Heterogenität der Schülerschaft auf die Motivation und Leistungsbereitschaft der Schüler aus? Können Ursachen ermittelt werden, warum Schüler ihre Ergebnisse aus Theorieaufgaben und Experimenten mittels uLH regelmäßig nur im Hinblick auf notenrelevante Überprüfungen abgleichen würden? Wie können die uLH bezüglich ihrer inhaltlichen und gestalterischen Konzeption noch besser an die Bedürfnisse der Schüler angepasst werden? Können durch die Dokumentation des Einsatzes von uLH im Unterrichtsprozess typische Lernwege in der Übungs- und Experimentierphase bei Lernenden erkannt werden, mit denen Lernprozesse idealtypisch beschreibbar werden?

Literatur

Großmann, C. & Woest, V. (2014). Förderung chemischer Lernprozesse durch unstrukturierte Lernhilfen. In: Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Tagungsband zur Jahrestagung in München 2013 – Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, IPN Kiel, 597-599.

Just, E. (1981). Unstrukturierte Lernhilfen zum Lösen verschiedener Problemaufgaben. Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 1980, 65-68.

KMK (2010). Förderstrategie für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2010/2010_03_04-Foerderstrategie-eistungsschwaechere.pdf (10.09.2014).

Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Wodzinski, R. (2009). Complex Problem Solving and Worked Examples. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23 (3), 129-138.

Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Schmidt-Weigand, F. (2007). Komplexität erhalten – auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. CHEMKON, 14 (3), 115-122.

Trautmann, M., & Wischer, B. (2008). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Eds.), Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 9. Perspektiven der Didaktik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 159-172.

Markus Prechtl Technische Universität Darmstadt
Universität Hannover*

Zum Verständnis der chemischen Depilation

Drogeriemärkte bieten eine breite Palette an Mitteln für die Körperhaarentfernung an. In der Werbung wird bei Männern das Interesse an diesen Produkten vermittels technischer Details, wie z. B. Klingenstabilisatoren und ergonomischen Griffen geweckt, wohingegen Frauen der Gebrauch vermeintlich sanft wirkender Cremes anempfohlen wird. In einem Werbetext heißt es: „*Die Creme (…) schneidet die Haare nicht ab, sondern löst sie vielmehr auf (…). Außerdem lässt unsere sanfte Pflegecreme die Haut weich, sexy und frisch wirken*.“ Aber ist das sachlich korrekt? Dem steigenden Trend zur Körperhaarentfernung steht die geringe Kenntnis der Konsumentinnen und Konsumenten von der Wirkung der Depilatorien gegenüber. Um Hautirritationen bzw. -schädigungen als Konsequenz einer inadäquaten Anwendung der stark basischen und thioglycolsäurehaltigen Depilationscremes (vgl. Haque & Al-Ghazal, 2004; Lee et al., 2008) vorzubeugen, sollten deshalb Grundkenntnisse vermittelt werden.

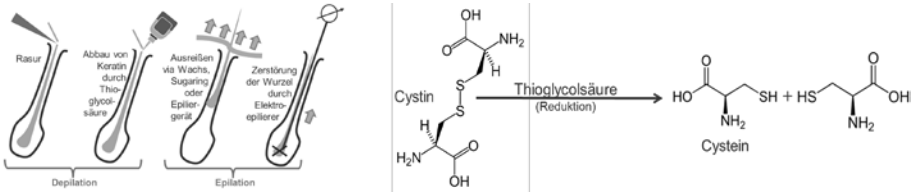


Abb. 1: Wirkungsort und Wirkungsweise thioglycolsäurehaltiger Depilatorien

In Interviews mit 50 Frauen und 50 Männern (∅-Alter: 23,8 Jahre) haben wir Einstellungen zu und Bewertungen von Epilations-/Depilationsprodukten ermittelt. Außerdem sollten die befragten Personen die Wirkungsweise von Depilationscremes erläutern. Die Ergebnisse betrachten wir von den Standpunkten der NaWi-Fachdidaktiken und der Gender Studies. Auf der Basis einer Analyse der Interviewtranskripte und einer Quellenanalyse wird eine *Didaktische Rekonstruktion* (vgl. Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) angestrebt.
Der Beitrag liefert Eindrücke zu ausgewählten Themen und Befunden des Projektes.

Angaben zur Körperhaarentfernung bei Frauen und Männern
Unsere Interviews (*Brüggemann/Heeg/Prechtl*) zeigen, dass die Epilation/Depilation von Körperbehaarung vom Gros der Befragten begrüßt wird. Die Befürwortung der Enthaarung von Achseln und Schambereich unterscheidet sich nicht sonderlich für Frauen und Männer, allerdings sehr deutlich hinsichtlich der Haarentfernung an den Beinen (vgl. Abb. 2).

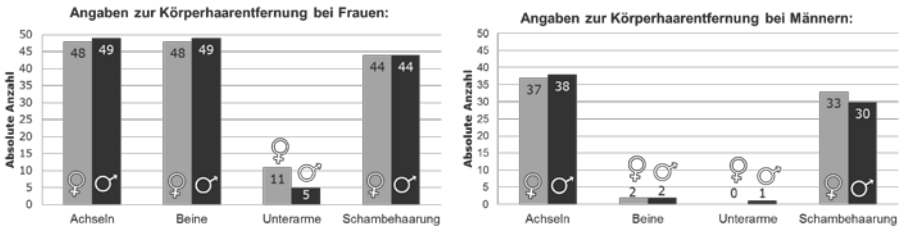


Abb. 2: An welchen Körperstellen sollte man (Frau) sich die Körperhaare entfernen?

Konzepte zur Wirkungsweise und zum Wirkungsort von Depilatorien

Im Rahmen unseres Projektes beinhaltet die *Didaktische Rekonstruktion* die Erfassung von Verständnissen von Expertinnen/Experten und von Laien zur Depilation (*Kaftan/Prechtl*) sowie die Konzeption von Lernarrangements für den Unterricht, in denen Lernende wissenschaftskonforme Vorstellungen von Depilation aufbauen können (*Haben/Wüscher/Prechtl*). Die Sichtung von Literaturquellen zur Wirkungsweise von Depilatorien bzw. Thioglycolaten zeigt, dass Fachleute die Reduktion von Cystin, d. h. die *Spaltung von Disulfidbrücken* in den Vordergrund rücken (vgl. z. B. Bimczok, 2004, S. 187ff.; Brökers, 2012; Ellsässer 2008, S. 250ff.; Olsen, 1999; Ramose-E-Silva, Ribeiro de Castro & Carneiro, 2001; Schulte & Weißkopf, 1950). Als Wirkungsort wird, analog zur Rasur, der Haarschaft angeführt. Die folgende Übersicht zu Denkfiguren, Termini und (metaphorischen) Konzepten (Abb. 3) zeigt, dass die Vorstellungen vieler Laien nicht kongruent mit den wissenschaftlichen Konzepten sind.

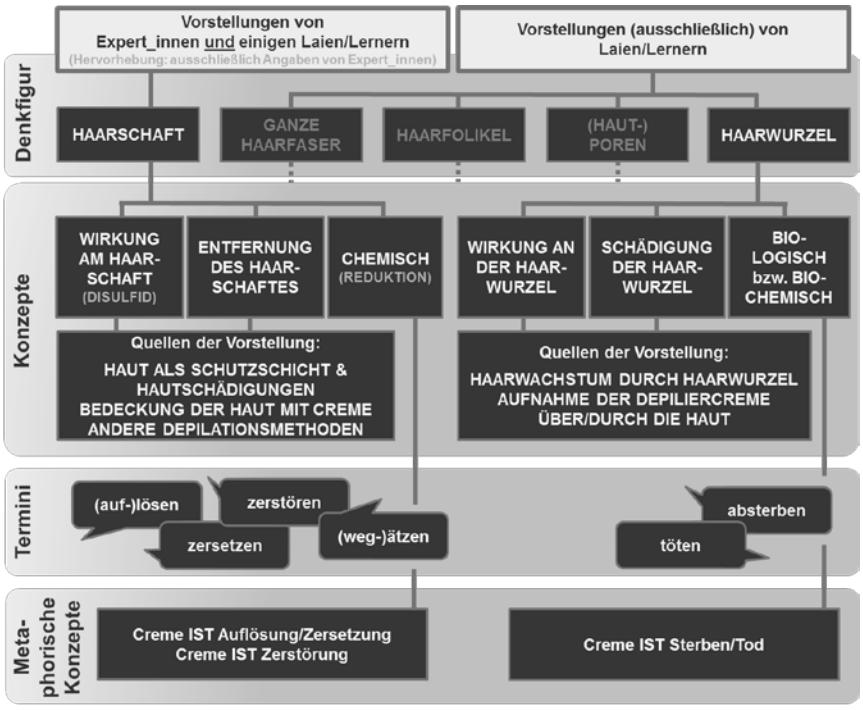


Abb. 3: Vorstellungen (ausgewählte Befunde) von Expertinnen/Experten und Laien zur Wirkungsweise und zum Wirkungsort von Depilationscremes

Die Konzepte *Reduktion* und *Disulfidbrücke* werden von Laien nicht zum Ausdruck gebracht. Nur ein Drittel der Befragten gibt als Wirkungsort den Haarschaft an. Ein Viertel der interviewten Personen geht davon aus, dass Depilationscremes an den Haarwurzeln wirken:

Beispiele von Lernervorstellungen zum Konzept „Wirkung am Haarschaft“:
(P02) „Alles was an der Oberfläche ist [wird weggeätzt, die Wurzel mit dem Follikel] nicht.“
(P04) „(Es wird) nur das was [vom Haar] rausguckt, nicht die Wurzel, [zersetzt].“
(P65) „Die Wurzel bleibt stehen und der oberflächliche Teil [...] [wird] zerstört.“
Beispiele von Lernervorstellungen zum Konzept „Wirkung an der Haarwurzel“:
(P01) „Die Creme macht, dass die Wurzeln absterben.“
(P22) „Ich glaube die Haarwurzel stirbt ab und dann kann man sie wegmachen.“
(P54) „Ich denke, dass das Haar an der Wurzel angegriffen werden muss, weil es sonst nicht ausfallen kann.“

Abb. 4: Auswahl an (redigierten) Interviewbeiträgen

Experimentelle Zugänge zum Lerninhalt chemische Depilation

Der „klassische" Zugang:

In Hinblick auf die speziellen Anforderungen eines Chemieunterrichts an berufsbildenden Schulen wurden bewährte Experimente (vgl. Pfeifer, 2003) so adaptiert, dass am Beispiel käuflicher Depilatorien kompetenzorientierte Verfahren geschult werden können. In dieser Hinsicht erscheint die titrimetrische Bestimmung von Thioglycolaten in Haarentfernungscremes mit Kupfer(II)-sulfat-Lösung bzw. via Iodometrie besonders geeignet zu sein.

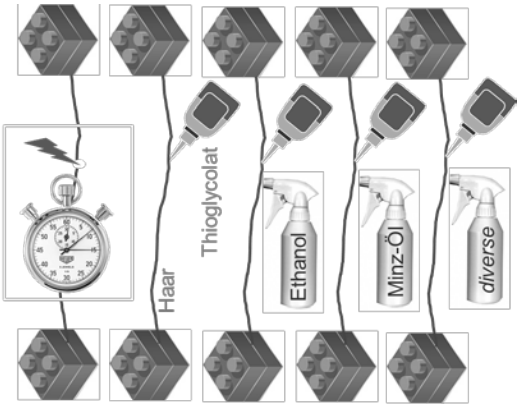


Abb. 5: Modellversuch zur Effizienz von Thioglycolaten in Abhängigkeit von der Einwirkung diverser Substanzen. Die Haare werden eingespannt und durch das Gewicht der Lego-Steine auf Spannung gehalten. Die Zeitspanne bis zum Reißen der Haare wird gemessen.

Der „kritische" Zugang:

Da ein an sich spannendes Experiment zur Effizienz von Thioglycolaten in Abhängigkeit von der Einwirkung von Substanzen wie Minzöl oder Ethanol (Moghimi, Jamali, Farahmand & Shafaghi, 2013) nicht repliziert werden konnte, wurde eine Alternative ausgelotet und ausdifferenziert (Abb. 5). Dabei wurde deutlich, dass die Variabilität der Struktur des Naturproduktes *Haar* in besonderer Weise zu berücksichtigen ist.

*Das Projekt, das im Rahmen der Gastprofessur *Gender & Diversity* an der Universität Hannover initiiert und dort von der Gleichstellungsbeauftragten gefördert wurde, wird zurzeit im Rahmen einer KIVA-Gastprofessur an der TU Darmstadt fortgeführt. Eine ausführliche Darstellung der Schwerpunkte und Befunde wird an anderer Stelle erfolgen.

Literatur

Bimczok, R. (2004). Haarentfernungsmittel. In W. Umbach, Kosmetik und Hygiene – von Kopf bis Fuß. Weinheim: Wiley, 187-193

Brökers, S. et al. (2012). Kosmetik 2. Berlin: Cornelsen, 220-237

Ellsässer, S. (2008). Körperpflegekunde und Kosmetik. Heidelberg: Springer

Haque, F. & Al-Ghazal, S. (2004). Burn from hair removal cream – a case report. Burns 30 (8), 866-867

Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3 (3), 3-18

Lee, J.-N. et al. (2008). The Effects of Depilatory Agents as Penetration Enhancers on Human Stratum Corneum Structures. Journal of Investigative Dermatology 128 (9), 2240-2247

Moghimi, H. R.; Jamali, B.; Farahmand, S. & Shafaghi, B. (2013). Effect of essential oils, hydrating agents, and ethanol on hair removal efficiency of thioglycolates. Journal of Cosmetic Dermatology 12 (1), 41-48

Olsen, E. A. (1999). Methods of hair removal. Journal of the American Acad. of Dermatology 40 (2), 143-155

Pfeifer, P. (2003). Chemie mit Haaren. Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie 14 (75), 12-15

Ramose-E-Silva, M.; Ribeiro de Castro, M. C. & Carneiro, L. V. (2001). Hair Removal. Clinics in Dermatology 19 (4), 437-444

Schulte, K. E. & Weißkopf, W. (1950). Zur Beurteilung der Kaltdauerwellen-Präparate auf Thioglykolsäure-Basis I: Die Veränderung des Haarkeratins durch Thioglycolsäure-Lösungen und ihre chemische Bestimmung. Fette und Seifen 52 (4), 230-235

Marc Busse[1] [1]Universität Hannover
Philipp Spitzer[2] [2]Universität Siegen
Markus Prechtl[3] [3]Technische Universität Darmstadt

Gender@Mutproben

Mutproben haben Jugendlichen immer schon eine Möglichkeit geboten, ihren Status innerhalb der Peer-Group zu etablieren. Ein Spezifikum der gegenwärtigen Jugendgeneration ist jedoch, dass gleich ein Millionenpublikum weltweit via Internet an den waghalsigen Aktionen teilhaben kann. So geht es bei der Eis & Salz-Challenge (s. Abb. 1) darum, den körperlichen Schmerz, der bei Wärmeentzug entsteht, möglichst lange auszuhalten. Hierfür stellen die Akteurinnen und Akteure eine Kältemischung aus Kochsalz und Eiswürfeln her und halten diese in der geballten Faust. Wer die Hand vor Schmerz zuerst öffnet, hat verloren. Während der körperliche Schmerz bei Hitzeeinwirkung größer wird, stagniert er bei Kälteeinwirkung. Deshalb spüren die Jugendlichen nicht rechtzeitig, dass sie ihre Haut schädigen.

Die Akteure stellen sich und die Mutprobe vor. | *Sie präsentieren die benötigten Stoffe.* | *Präparation und Countdown* | *Sie geben sich überrascht, als sie den Effekt spüren.*

Stöhnen; Schmerz-Laute; Auf-der-Stelle-Hüpfen; Kommentare | *Das Publikum wird direkt angesprochen und über die Stärke des Schmerzes informiert.* | *Die Folgen werden dem Publikum präsentiert.* | *Bekanntgabe von Gewinner und Webadresse; Danksagungen an sich selbst*

Abb. 1: Die Eis&Salz-Challenge – Ausschnitte aus einem YouTube-Video

Was ist dran am Konnex Jungen/Risiko?
Der auf die Bereiche Sport, Straßenverkehr und Alkohol-/Tabak-/Drogenkonsum bezogene Befund, dass Jungen ein ausgeprägteres außengerichtetes Risikoverhalten als gleichaltrige Mädchen zeigen (vgl. Raithel, 2011, S. 29f.), wurde von uns erneut für den Umgang mit *chemischen Substanzen* (im weiteren Sinne gefasst!) überprüft. In diesem Beitrag werden die folgenden Ergebnisse vorgestellt: (1) Befunde aus einer Erhebung, in der das Videoportal YouTube als mediale Ressource für die Analyse von Mutproben genutzt wurde; (2) Befunde einer Befragung von Schülerinnen und Schülern, auf deren Grundlage Bewertungskompetenzen untersucht wurden; (3) Befunde einer Befragung von Schülerinnen und Schülern, anhand derer die Annahme einer höheren Risikoaffinität von Jungen im Vergleich zu Mädchen überprüft wurde.

YouTube-Analysen
Es wurden über 2100 YouTube-Videos gesichtet und kategorisiert (*Prechtl; laufendes Projekt*). Sie zeigen Aktivitäten, die primär im Zusammenhang mit physiologischen Reaktionen des Körpers auf Substanzen stehen. Mit einem deutlich höheren Anteil männlicher Darsteller (75 %) liegt eine erkennbare Geschlechterdifferenz vor (s. Abb. 2).

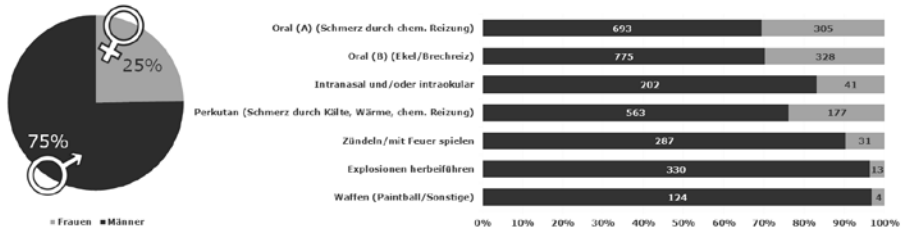


Abb. 2: Anteil von Frauen bzw. Männern unter den YouTube-Akteuren

In Anbetracht dieses Unterschieds ist es erstaunlich, dass sich die wenigen Darstellerinnen der größeren Beliebtheit erfreuen und mehr weibliche als männliche Rezipienten im Alter von 13-17 Jahren die Videos konsumieren (vgl. Busse, 2013, S. 67; s. Abb. 3).

Beliebtestes YouTube-Challenge-Video mit Akteurin bzw. Akteur	**Reihenfolge der Zuschauergruppen nach Aufrufhäufigkeit**
Zimt-Challenge ♀ (≈ 22 Millionen Aufrufe)	(♀13-17) > (♀18-24) > (♂13-17)
Zimt-Challenge ♂ (≈ 5 Millionen Aufrufe)	(♀13-17) > (♂ 18-24) > (♂13-17)
Cola&Mentos-Challenge ♀ (≈ 3 Million Aufrufe)	(♀13-17) > (♀ 18-24) > (♀45-54)
Cola&Mentos-Challenge ♂ (≈ 1 Million Aufrufe)	(♀13-17) > (♂13-17) > (♂18-24)
Eis&Salz-Challenge ♀ (≈ 4 Millionen Aufrufe)	(♀13-17) > (♀18-24) > (♀45-54)
Eis&Salz-Challenge ♂ (≈ 1 Million Aufrufe)	(♀13-17) > (♂13-17) > (♀18-24)

Abb. 3: Anteil von Frauen bzw. Männern unter den YouTube-Rezipienten

Befragung von Gymnasiastinnen und Gymnasiasten zu Mutproben

Eine Schüler-Kohorte (N = 129, ∅-Alter: 16 Jahre) wurde nach ihren Erfahrungen mit Mutproben gefragt (vgl. Busse, 2013, S. 74ff.). In dieser Gruppe waren Schärfe-Mutproben bekannt und beliebt (s. Abb. 4). Dabei sollen scharfe Substanzen möglichst lange im Mund behalten oder geschluckt werden. Das Spektrum reicht von Chili-Soßen bis hin zu frei verkäuflichen Capsaicin-Konzentraten. Von den befragten Jugendlichen haben 49 eine Schärfe-Mutprobe ausprobiert. Andere sammelten Erfahrungen mit der Cola & Mentos- (17), der Deo- (7), der Zimt- (4) und der Eis & Salz-Challenge (1). Die Jugendlichen wurden außerdem gebeten, die Gefährlichkeit dieser Mutproben einzuschätzen. Es zeigte sich, dass mehr als ein Drittel der Befragten die mit den Mutproben verbundenen Gefahren nicht adäquat einschätzen kann (s. Abb. 5). Beispielsweise wurde davon ausgegangen, man könne den Zeitpunkt, an dem im Rahmen von Kälte-Mutproben Schädigungen der Haut hervorgerufen werden, über das Schmerzempfinden erfassen.

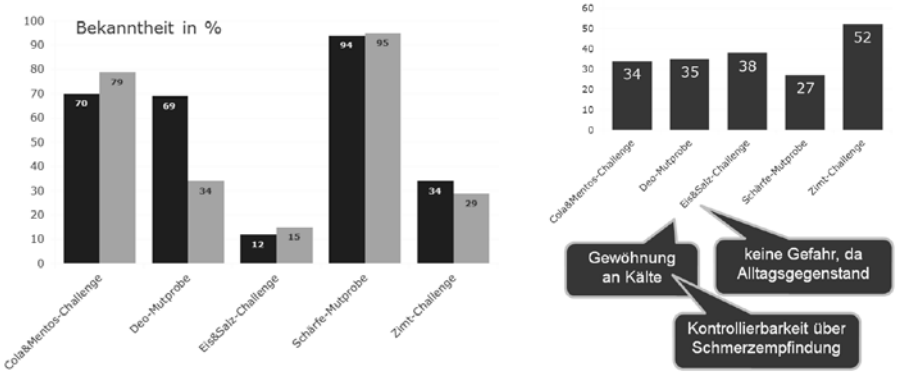


Abb. 4 (links): Prozentualer Anteil der Jugendlichen (N = 129), die die Mutprobe kennen (dunkle Balken: Jungen; helle Balken: Mädchen) (vgl. Busse, 2013, S. 103)
Abb. 5 (rechts): Inadäquate Gefahreneinschätzung in % (vgl. Busse, 2013, S. 99)

Befragung zu Risikoaffinität und Interesse

Im Rahmen einer Befragung von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 8 (Spitzer & Prechtl) wurde ermittelt, inwiefern die Risikoaffinität mit dem Interesse an spezifischen naturwissenschaftlichen Inhalten korreliert (s. Abb. 6). Bei Jungen zeigt sich eine moderate bis große Korrelation (2-seitig sig.) zwischen dem Interesse an explosiven Chemikalien und dem Risikoverhalten beim Experimentieren sowie eine mittlere Korrelation mit dem Selbstbild in Chemie. Bei dem Interesse an der Atombombe können höhere Korrelationen mit dem Selbstbild in Chemie festgestellt werden als mit dem Risikoverhalten beim Experimentieren. Im Gegensatz zu den Jungen ist bei den Mädchen als einzige Korrelation eine geringe bis moderate Korrelation (1-seitig sig.) des Interesses an explosiven Chemikalien mit dem Risikoverhalten beim Experimentieren erkennbar. Unterschiede zeigten sich auch in den Begründungen des jeweiligen Interesses der Mädchen und Jungen.

	Risikoverhalten beim Experimentieren	Einstellung zu Experimenten allgemein	Selbstbild in Chemie
Schülerinnen			
Interesse an der Funktion der Atombombe	.165	-.026	.052
Interesse an explosiven Chemikalien	.242*	.165	.205
Schüler			
Interesse an der Funktion der Atombombe	.255*	-.079	.434**
Interesse an explosiven Chemikalien	.379**	.104	.250*

Abb. 6: Korrelationen mit dem Interesse an alltagsnahen („explosive Chemikalien") und alltagsfernen („Atombombe") risikoaffinen Themen (vgl. Spitzer & Prechtl, 2013)

Die Ergebnisse deuten einen Unterschied zwischen alltagsnahen und alltagsfernen Themengebieten im chemischen Kontext an. So korreliert das Interesse bei Jungen bei alltagsnahen Themen („explosive Chemikalien") eher mit Risikoverhalten. Alltagsferne Themen („Atombombe") korrelieren stärker mit dem Selbstbild in Chemie.

Übergeordnetes Ziel des Projektes

Ein riskanter Umgang mit chemischen Substanzen im Unterricht oder im Freizeitbereich kann schwerwiegende Folgen für das Individuum und weitere Beteiligte haben. Auf der Grundlage unserer Befunde werden wir Material für Lehrerinnen und Lehrer erstellen, das eine Orientierungshilfe für Situationsanalysen und Interventionen bieten soll. Eine ausführliche Darstellung wird an anderer Stelle erfolgen.

Literatur

Busse, M.-H. (2013). Mutproben aus naturwissenschaftlicher Perspektive. Befunde und Interventionsansätze zu einem aktuellen Internetphänomen. Uelvesbüll: Der andere Verlag

Raithel, J. (2011). Jugendliches Risikoverhalten: Eine Einführung. Wiesbaden: VS

Spitzer, P. & Prechtl, M. (erscheint 2015). Risikoverhalten und maskuline Performanz von Jungen im Chemieunterricht. In J. Wedl & A. Bartsch (Hrsg.), Teaching Gender? Zum reflektierten Umgang mit Geschlecht im Schulunterricht und in der Lehramtsausbildung. Bielefeld: Transcript

Spitzer, P. & Prechtl, M. (2013). Risikoverhalten und maskuline Performanz von Jungen im Chemieunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 543-545). Kiel: IPN

Romina von Öhsen Universität Bremen
Horst Schecker

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht: Praxiserfahrungen an Bremer Schulen

Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht? Individuelle Förderung stark heterogener Lerngruppen? Diesen und vielen anderen Herausforderungen müssen sich Lehrerinnen und Lehrer stellen, die nach dem inklusiven Konzept unterrichten. In den letzten Jahren wurde der Inklusion immer mehr Bedeutung zugeschrieben. Auch das Land Bremen hat sich mit Inkrafttreten des neuen Schulgesetzes im Jahr 2009 dazu verpflichtet, die Inklusion an allgemeinbildenden Institutionen einzuführen. Der inklusive Entwicklungsplan orientiert sich an „der Ratifizierung des Übereinkommens der Vereinten Nationen vom 13.12.2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderungen" (Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010, S. 5). Die Vereinbarung setzt relevante Impulse für einen inklusiven Entwicklungsprozess zur aktiven Teilhabe aller Menschen innerhalb der Gesellschaft.
Die Stadt Bremen hat es sich zur Aufgabe gemacht, dieses Entwicklungsziel im Schuljahr 2017/2018 vollständig zu erreichen. Die Umsetzung erfordert, dass alle Schülerinnen und Schüler mit den Förderschwerpunkten „Wahrnehmung und Entwicklung" sowie „Lernen, Sprache, Verhalten", aber auch das Personal der Förderzentren, Teil der Regelschulen werden (vgl. Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2010, S. 29).

Da diverse Schulen bereits begonnen haben, nach dem inklusiven Konzept zu unterrichten, in Deutschland bislang jedoch kaum empirische Studien zur Umsetzung von Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht vorliegen, erscheint es relevant, bisher gesammelte Praxiserfahrungen zu erkunden (von Öhsen, 2014). Vor diesem Hintergrund erklärten sich zehn Lehrerinnen und Lehrer aus sechs Bremer Oberschulen (integrierte Gesamtschulen) mit praktischen Erfahrungen im Bereich des inklusiven Unterrichtens bereit, anonyme Leitfadeninterviews durchzuführen. Die Gespräche sollten einen Einblick in die aktuelle Lage der Schulreform ermöglichen. Fachliche, soziale und gesellschaftliche Aspekte standen im Vordergrund. Den Probanden wurde die Möglichkeit geboten, Ansichten, Einschätzungen aber auch Erfahrungswerte darzulegen.
Die Auswertung des Interviewmaterials erfolgte anhand der qualitativen Inhaltsanalyse sowie der induktiven Kategorienbildung nach Mayring (2010). Nachdem die Einzelgespräche transkribiert wurden, fand eine Präzisierung der Inhalte statt (Paraphrasierung). Im nächsten Schritt wurden doppelte und unwichtige Inhalte mittels der Generalisierung gestrichen und Verallgemeinerungen reduziert. Die Ergebnisse wurden in Thesenform verdichtet. Im Folgenden werden zentrale Ergebnisse der Analysen vorgestellt.

Inklusion erweitert die Leistungsheterogenität eher graduell als grundsätzlich
Die bereits vorliegende Heterogenität der Lernvoraussetzungen an Bremer Oberschulen, wird aufgrund der Inklusion weiter verstärkt. Die Spannbreite individueller Fähigkeiten und Förderbedarfe von Jugendlichen mit Beeinträchtigungen ist breit gefächert. Ein guter Unterricht erfordert dementsprechend differenzierte Unterstützungsmaßnahmen, von denen nicht nur die Inklusionskinder profitieren, sondern ebenfalls Regelschülerinnen und Regelschüler, denn erfahrungsgemäß gelangen nicht nur Jugendliche mit Beeinträchtigungen, sondern ebenfalls Heranwachsende ohne Beeinträchtigungen bei naturwissenschaftlichen Sachverhalten kognitiv an ihre Grenzen.

Das Problem ist die Methodik: Wochenplanarbeit und differenzierte Arbeitsblätter lassen sich kaum einsetzen
Im Gegensatz zu anderen Unterrichtsfächern (z. B. Mathematik) ist das Arbeiten mit Wochenplänen oder differenzierten Arbeitsblättern im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht kaum realisierbar. Besonders im Hinblick auf Experimente wird deutlich, dass sich naturwissenschaftliche Sachverhalte in ihrer Darstellung und in der Entwicklung von Arbeitsaufträgen und Lernaufgaben als weniger skalierbar erweisen. Bereits Versuchsanleitungen können Verständnisschwierigkeiten hervorrufen, die eine direkte individuelle Betreuung erfordern.

Eine Orientierung am Bildungsplan der Regelschule passt nicht zum Inklusionskonzept
Lehrkräfte berichten, dass die Bedürfnisse der Jugendlichen mit Förderbedarf zeitweilig zurückgestellt werden müssen, um die Auflagen des Bildungsplans für Regelschülerinnen und Regelschüler zu erfüllen. Die damit verbundenen bewerteten Leistungsanforderungen führen in vielen Fällen zur Bildung leistungsgleicher Ingroups. Darüber hinaus gibt es für Inklusionskinder keine festgelegten „Standards“, an denen die Lehrkräfte sich fachlich oder didaktisch orientieren könnten. Einerseits stellt dies eine Herausforderung dar; andererseits wird die Gegebenheit aufgrund der daraus resultierenden Freiheiten als Chance wahrgenommen.

Kinder mit Beeinträchtigungen können im naturwissenschaftlichen Unterricht lebenspraktisches Handlungswissen erwerben
Besonders in den Unterrichtsfächern Physik, Biologie und Chemie können praktische Bezüge zur Natur, Umwelt und Technik hergestellt werden. Das lebenspraktische Handlungswissen fördert unter anderem die Selbstständigkeit im Alltag oder auch das Hinterfragen von Sachverhalten.

Handlungsorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt eine besondere Chance für Inklusionskinder dar
Wie bereits die vorherige These verdeutlicht, bietet der naturwissenschaftliche Unterricht viele Möglichkeiten für einen handlungsorientierten Unterricht. Das praktische Arbeiten (Experimente, Gruppenarbeiten) kann trotz starker Leistungsunterschiede alle Schülerinnen und Schüler motivieren. Der Bezug zum Alltag begünstigt den Aussagen der Befragten zufolge das inklusive Lernen. Zusätzlich fördern Gruppenarbeitsphasen, wie beispielsweise die Stationenarbeit, eine Einbeziehung der Inklusionskinder in die Klassengemeinschaft und in den Unterricht.

Kognitive Überforderung
Eine Herausforderung, der sich die Lehrkräfte stellen müssen, liegt beim Übergang vom praktischen Handeln (z. B. Durchführung von Experimenten) hin zur theoretischen Aufarbeitung (Auswertung der Experimente). Aufgrund kognitiver Überforderung resignieren häufig Schülerinnen und Schüler mit besonderem Förderbedarf, was zu offensiven Verhaltensauffälligkeiten führen kann. Dennoch wird betont, dass nicht nur Inklusionskinder bei naturwissenschaftlichen Sachverhalten an ihre Grenzen stoßen, sondern ebenfalls einige Regelschüler.

Die soziale Einbindung steht im Vordergrund
Alle Heranwachsenden in das Unterrichtsgeschehen zu integrieren und in den Schulalltag einzubeziehen, erscheint den Probanden als besonders relevant. Wesentlich ist in diesem Fall eine aktive Beteiligung der Inklusionskinder am Fachunterricht. Fachliches Wissen oder

auch Verstehen ist jedoch oftmals nachrangig. Die befragten Lehrkräfte bedauern dies, da sie der Auffassung sind, dass sowohl soziales als auch fachliches Lernen erfolgen sollte.

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht kann gelingen!
Überraschend war, dass sich alle Interviewpartner für die Inklusion an allgemeinbildenden Schulen ausgesprochen haben. Die Oberschullehrkräfte halten die Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht prinzipiell für möglich, besonders im Hinblick auf das praktische und aktive Arbeiten im Unterricht. Trotz bestehender Schwierigkeiten infolge ungenügender Ressourcen werden gelungene Unterrichtsbeispiele angeführt.

… Es fehlen jedoch angemessene Rahmenbedingungen!
Wie bereits erwähnt, hat ein inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht nach Aussage der Lehrkräfte unabdingbare Voraussetzungen, die bislang als unzureichend bewertet werden. Den Befragten mangelt es an einer durchgängigen Doppeltbesetzung mit zusätzlichen Sonderpädagogen oder Fachlehrkräften. Darüber hinaus werden kleinere Lerngruppen bzw., in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht, Halbgruppen gefordert sowie zusätzliche Planungsstunden, die eine angemessene Vorbereitung ermöglichen sollen. Ein weiterer Kritikpunkt befasst sich mit mangelnden Ressourcen, die für einen gelingenden Unterricht erforderlich erscheinen. Differenzierte Arbeitsblätter, überarbeitete Lehrbücher sowie geeignete Experimentiermaterialien werden benötigt. Zusätzlich berichten die Probanden über unbefriedigende Fortbildungen und Vorbereitungsmaßnahmen.

Fazit
Es wurde festgestellt, dass die befragten Personen über weitgehend ähnliche Erfahrungen, Ansichten und Einstellungen berichten, sodass eine Sättigung bald erreicht werden konnte. Lehreraussagen zufolge wird den naturwissenschaftlichen Fächern in Anbetracht der Handlungsorientierung eine besondere Chance zugeschrieben, alle Schülerinnen und Schüler in das Unterrichtsgeschehen einzubeziehen. Jugendlichen wird die Möglichkeit geboten, trotz starker Leistungsunterschiede, aktiv am Unterrichtsgeschehen teilzunehmen. Darüber hinaus kann ein Lebensweltbezug hinsichtlich der Fächer Biologie, Physik und Chemie hergestellt werden, der zum einen das Interesse der Heranwachsenden wecken kann und zum anderen an bestehende Vorkenntnisse anknüpft, die das Lernen begünstigen.
Auffällig ist, dass die befragten Lehrpersonen die Umsetzung eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts für realisierbar halten. Im Gegenzug wird jedoch angeführt, dass für eine gelungene Durchführung diverse Rahmenbedingungen gegeben sein müssen. Die Aussagen verdeutlichen die bestehende Diskrepanz zwischen potentiellen Möglichkeiten und einer tatsächlichen Verwirklichung inklusiven Unterrichts. Als Hauptproblem werden mangelnde Ressourcen, insbesondere eine fehlende Doppelt-Besetzung durch Sonderpädagogen oder zusätzliche Fachkräfte angeführt, die für eine individuelle Betreuung unerlässlich erscheinen.

Literatur

Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft (2010): Entwicklungsplan des Landes Bremen zur schulischen Förderung von Schülerinnen und Schülern mit Bedarf an unterstützender Pädagogik und sonderpädagogischer Förderung. Entwicklungsplan Inklusion. Online verfügbar unter http://www.lis.bremen.de/sixcms/media.php/13/Entwicklungsplan%20Inklusion.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2014.

Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. In: *Qualitative Inhaltsanalyse*.

von Öhsen, R. (2014). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht – Praxis und Praxiserfahrungen an Bremer Schulen. Masterarbeit, Universität Bremen, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften.

Lisa Kimmig Pädagogische Hochschule Freiburg
Silke Mikelskis-Seifert
Patrik Vogt

Welches Physikimage haben Schülerinnen einer Mädchenschule?

Ausgangslage

Die Physik mit ihren Erkenntnissen und Anwendungen prägt unser Leben, sodass die Bedeutung dieser Wissenschaft unbestritten groß ist. Blickt man jedoch auf die Physik als Unterrichtsfach, gilt sie als unbeliebt und schwer (vgl. Muckenfuß, 1995; Merzyn, 2008). Ferner zeigen Studien immer wieder, dass das Sachinteresse an Physik in der Sekundarstufe I sinkt und dieser Interessenverlust für Mädchen stärker ausfällt als für Jungen (z. B. Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1997). Der Physik kann auch ein negatives Image zugeschrieben werden mit der Folge, dass ein häufig erlebter Misserfolg bei den Schülerinnen und Schülern zu beobachten ist (Merzyn, 2008). Fragen wie *„Was, Du studierst Physik? So siehst Du gar nicht aus. Interessiert Dich das überhaupt?*“ offenbaren, welches Bild die Gesellschaft von der Physik hat.

Diesen Befunden zum Interesse sowie zum Image wurde in mehreren Studien mit Schulen im Freiburger Raum nachgegangen. Eine Studie reproduzierte die Unbeliebtheit der Physik sowie das negative Image des Unterrichtsfaches an Realschulen. So kann z. B. das Image von Physik mit den Adjektiven heterogen, unkreativ und schwierig charakterisiert werden. Die aus der Literatur bekannten Gendereffekte bzgl. Interesse und Image konnten in den Studien reproduziert werden. Mit dem Ziel, die Interessens- und Imageentwicklung von Schülerinnen zu untersuchen, wurde eine weitere Studie in Mädchenschulen durchgeführt. Dazu wurden ca. 150 Schülerinnen in einem Quasiquerschnitt zu ihren Interessen, zum Fähigkeitsselbstkonzept sowie zum Fachimage befragt.

Theoretischer Rahmen

Zur Erforschung der Einstellungen von Schülerinnen und Schülern zur Physik ist es notwendig, einige Begrifflichkeiten vorab zu klären.

Epistemische Überzeugungen. Psychologen und Pädagogen zeigen seit Mitte des letzten Jahrhunderts zunehmendes Interesse an der Erforschung epistemischer Entwicklung und epistemischer Überzeugungen. Epistemische Überzeugungen beziehen sich auf subjektive Vorstellungen zur Natur von Wissen und zum Erwerb von Wissen (Hofer & Pintrich, 1997). Zur Modellierung epistemischer Überzeugungen werden verschiedene Dimensionen zu Nature of knowledge (Struktur, Sicherheit) und zu Nature of process of knowledge (Quelle des Wissens, Rechtfertigung des Wissens) herangezogen (s. o.). Ferner können epistemische Überzeugungen als ein Ergebnis aus der Interaktion zwischen bestimmten kognitiven Elementen, wie z. B. disziplinspezifischem Wissen, Erfahrungswissen, ontologischen Annahmen usw. angesehen werden. Bezüglich der Debatte um die Natur der Naturwissenschaften oder Nature of Science kann naturwissenschaftliches Wissen und Wissen zur naturwissenschaftlichen Forschung aus der psychologischen und der naturwissenschaftsdidaktischen Perspektive betrachtet werden. Die epistemischen Überzeugungen werden in dieser Studie mit einem aus der Psychologie stammenden Instrument CAEB (vgl. Stahl & Bromme, 2007) erhoben.

Image. Allgemein übliche, teilweise stereotype Vorstellungen über die Eigenschaften und Inhalte eines Faches werden von Kessels et al. (2006) als Image bezeichnet. Image kann als unbewusste, automatische Assoziationen angesehen werden. Die Assoziationen beinhalten dabei den Gesamteindruck der Schülerinnen und Schüler zu dem entsprechenden Fach einschließlich sozial geteilter Annahmen und Stereotype. Die kulturellen Einstellungen einer

Gesellschaft beeinflussen die Bildung von Stereotypen und spiegeln sich dementsprechend in diesen wider. Das Image mit seinen Stereotypen kann als recht stabil angesehen werden (s. o.). Bezogen auf den Kontext Physikunterricht bedeutet es, dass ein Stereotyp eine Auffassung zur Physik, zu den physikalischen Inhalten, zu der „typischen" Lehrkraft usw. verdeutlicht. Mit dem Physikimage sind prototypische Vorstellungen bzgl. dieses Faches – Prototypen genannt – verbunden. Merkmale eines Jugendlichen, der Physik als Lieblingsfach angibt, beschreiben den Prototypen und entziehen sich dabei der willentlichen Kontrolle (s. o.). Da für diese Studie die Stereotype der Physik relevant sind, beziehen wir uns auf die Arbeiten der Arbeitsgruppe Kessels & Hannover (Kessels et al., 2006 und Kessels & Hannover, 2004).

Forschungsfragen

Die hier beschriebene Untersuchung verkörpert eine Replikationsstudie zu den Arbeiten von Kessels & Hannover (s. o.) unter dem Fokus, einen Vergleich zwischen Mädchen und Jungen sowie in einem Vergleich zwischen Mädchen im koedukativen und nicht koedukativen Unterricht zu realisieren. In diesem Sinne werden Vorstellungen über Physik und ihrem Image nachgegangen. 1) Inwieweit unterscheiden sich das Image des Faches Physik zwischen Jungen und Mädchen? 2) Inwieweit unterscheiden sich Mädchen im koedukativen und nicht koedukativen Unterricht bzgl. des Physikimages des Faches Physik? 3) Welche prototypischen Vorstellungen hinsichtlich der Physik können beobachtet werden?

Instrumente und Stichprobe

An den Befragungen nahmen zum einen fünf Realschulen mit 359 Schülern (55% männlich; 45% weiblich) und zum anderen ein Mädchenschule mit 147 Schülerinnen teil. Der gesamte Fragebogen besteht aus mehreren verschiedenen Ratingskalen (Physik und Freizeit, Interesse an Physik, Kompetenzerleben und der Physikunterricht, Passende Beschreibung von Physik und zu den Prototypen). Die Gestaltung der Skalen orientiert sich an der Likert-Skala. Um jedoch dem Risiko der neutralen Mittelwertung zu entgehen, bestehen die Skalen dieser Untersuchung aus vier Antwortmöglichkeiten.

Ausgewählte Ergebnisse

Im Nachfolgenden beziehen wir uns auf die Beschreibung zur Physik und zu den Prototypen. Die Vorstellungsanalysen basieren einerseits auf dem CAEB (vgl. Stahl & Bromme, 2007), aus dem sieben relevante Items entnommen wurden. Die Ergebnisse im Vergleich zwischen Koedukation und Monoedukation sowie die geschlechtsspezifischen Unterschiede sind in der Abb. 1 zusammengestellt. Schaut man sich zuerst die Profile der Mädchen und Jungen bei ihren Einschätzungen zur Physik an, können aus der Literatur bekannte geschlechtsspezifische Effekte im koedukativen Unterricht festgestellt werden. Die Profile der Mädchen und Jungen verlaufen nahezu parallel, denn die Mädchen sehen die Physik viel negativer als die Jungen. Gegen unsere Erwartungen zeigen die Schülerinnen an der Mädchenschule ein viel positiveres Bild als die Jungen und damit auch selbstverständlich als Mädchen im koedukativen Unterricht.

Der Prototyp „Mögen der Physik" wird von den Schülerinnen und Schülern mit den Adjektiven eher intelligent, ehrgeizig, einfallsreich, gebildet und motiviert, jedoch eher unsportlich und unbeliebt beschrieben. Hier treten die größeren Genderunterschiede in der Einschätzung zur sozialen Beliebtheit und zur Intelligenz auf. Ein völlig anderes Bild zeigt sich wieder in der Mädchenschule. Hier sind die Bewertungen signifikant positiver.

Zusammenfassung

Unsere Studie reproduzierte die negative Wirkung sowie die Unbeliebtheit der Physik im koedukativen Unterricht. Ganz im Gegensatz hierzu entwickelt sich im monoedukativen

Unterricht ein eher positives Bild von der Physik.

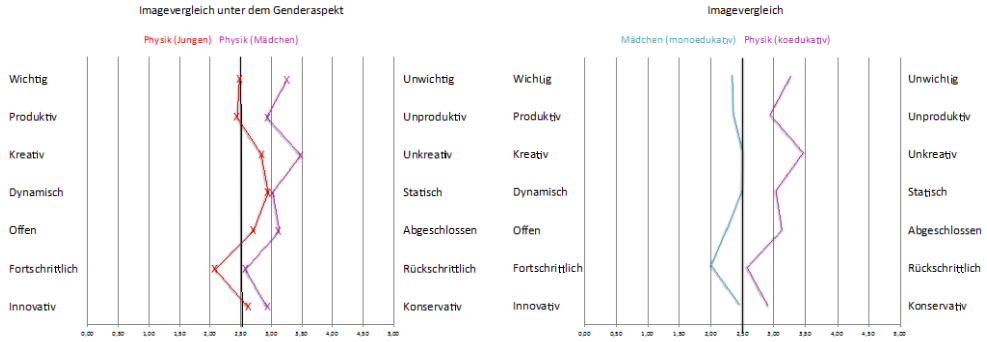


Abb. 1: Vorstellungen zur Physik

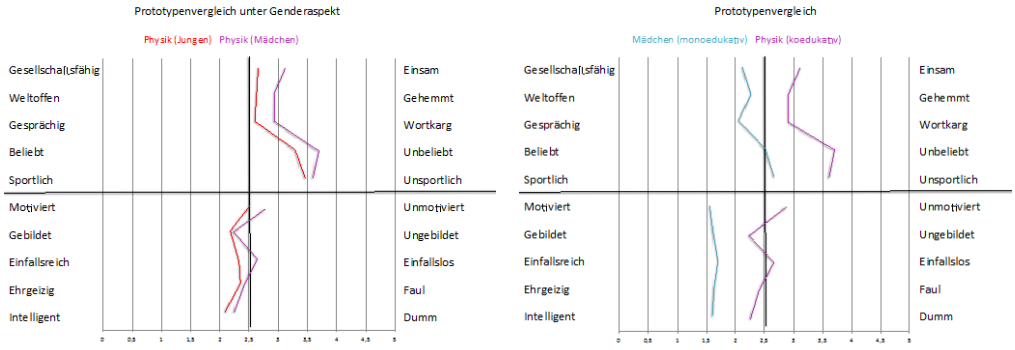


Abb. 2: Prototypen zur Physik

Das Physikimage im koedukativen Unterricht kann mit den Adjektiven heterogen, unkreativ und schwierig charakterisiert werden. Es gibt jedoch einen deutlichen Unterschied in der Wahrnehmung der Physik zwischen koedukativem und monoedukativem Unterricht. Trotz Reformen, Qualitätsprogrammen und neuen Bildungsplänen können keine positiven Veränderungen im Image der Realschüler im koedukativen Unterricht beobachtet werden. Hier scheint der monoedukative Unterricht Potenziale zu haben. Für generalisierende Aussagen sind weiterführende Studien notwendig.

Literatur

Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. Review of Educational Research, 67 (1), 88–140.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN (IPN, 158).

Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In: J. Doll, M. Penzel (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. S. 398 – 412. Münster: Waxmann.

Kessels, U., Rau, M., Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuringand altering the image of science. In: British Journal of Educational Psychology,76. S. 761-780.

Merzyn, Gottfried (2008): Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. 1. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. 1. Aufl., 2. Dr. Berlin: Cornelsen.

Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. Learning & Instruction, 17 (6), 773-785.

Nina Skorsetz[1, 2]
Manuela Welzel-Breuer[1, 2]

[1] Forscherstation gGmbH
[2] Pädagogische Hochschule Heidelberg

Naturwissenschaftliche Lernumgebungen für Systematisierer und Empathisierer

Seit einiger Zeit wird bemängelt, dass es an naturwissenschaftlichem Nachwuchs fehle und man dringend mehr Anreize für diese Studiengänge benötigt (Heublein et al., 2012). Zeyer nennt dies in Bezug auf Osborne, Simon und Collins „swing away from science“ (Zeyer et. al., 2013, S. 1047). Es wird vor einem Mangel an Nachwuchskräften in den naturwissenschaftlichen und technischen Berufen sowie vor einer hohen Abbrecherquote in den so genannten MINT-Studiengängen gewarnt. Um dem entgegen zu wirken, sollte naturwissenschaftliche Bildung als Querschnittsaufgabe und wichtiger Baustein auch frühkindlicher Erziehungs- und Bildungsaufgaben gestärkt werden (Welzel, 2006, S. 76). Frühe naturwissenschaftliche Bildung ist aber nicht nur wichtig, um den Nachwuchs zu qualifizieren, der später in die (Exzellenz-)Forschung gehen soll. Denn das betrifft nur einen geringen Teil der Bevölkerung, den Aikenhead die „potential scientists“ nennt und die diesen Weg auch ohne spezielle Anreize einschlagen (Aikenhead, 2001, S. 4). Wichtiger ist eine gute naturwissenschaftliche Grundbildung speziell auch für den restlichen Teil der Bevölkerung im Sinne einer „Science for all“ (Allgemein-) Bildung (ebd., S. 3), denn hier liegt das größte Potential, möglichst viele Menschen für Naturwissenschaften oder naturwissenschaftsnahe Berufe zu begeistern. Deshalb sollte genauer untersucht werden, welche Bedürfnisse der Großteil der Bevölkerung hat. Wie kann man denen, die keine „potencial scientists“ sind, Naturwissenschaften begreifbarer machen?

Die Empathisierer-Systematisierer-Theorie

Die von Baron-Cohen 2002 entwickelte Empathisierer-Systematisierer-Theorie (E-S-Theorie) stellt die Hypothese auf, dass sich Menschen (their „brains“) in ihrer Interaktion mit der Umwelt zwischen zwei „Polen“ bewegen, dem Systematisieren und dem Empathisieren (vgl. dazu auch Zeyer et al., 2013). Ein Systematisierer ist dabei eine Person, die sich die Welt über „physical things“ aneignet, die Systeme, Ordnungen und Strukturen hinter den Dingen wahrnimmt und sie so in einen Kontext setzt. Auf diese Weise versucht er oder sie die Regeln, die ein System organisieren, zu bestimmen und Vorhersagen über das weitere Verhalten zu machen (Baron-Cohen, 2009, S. 71). Bei den Menschen, deren Braintype dem des Empathisierers entspricht, steht im Vordergrund, das soziale Gegenüber bewusst in seinen Gedanken und Gefühlen zu verstehen, aber auch unbewusst auf emotionale Zustände zu reagieren. Empathisierer sind also stärker sozial orientiert.
Mithilfe eines Fragebogens lässt sich bestimmen, inwieweit Menschen Systematisierer- und Empathisierer-Eigenschaften haben. Die Werte EQ und SQ (Q=Quotient) stellen die Maße für die Ausprägung beider Faktoren dar (Goldenfeld, Baron-Cohen et. al., 2005). Bei der empirischen Anwendung des Fragebogens ergaben sich fünf unterschiedliche Braintypes: Extreme E, E, Balanced, S und Extreme S (Baron-Cohen, 2009, S. 76).

Motivation für die Beschäftigung mit Naturwissenschaften

Interessanterweise fanden Billington, Baron-Cohen und Wheelwright heraus, dass der Braintype ein besserer Prädiktor als das Geschlecht ist, vorhersagen zu können, ob sich jemand für ein naturwissenschaftliches Studium entscheidet oder nicht (Billington, Baron-Cohen et. al., 2007). Zeyer et al. stellten zudem in empirischen Untersuchungen an Jugendlichen fest, dass ausschließlich die Ausprägung „Systematisierer“ einen Einfluss auf die Motivation hat, sich mit naturwissenschaftlichen Sachverhalten zu befassen, Geschlecht

und die Ausprägung „Empathisierer“ hingegen nicht. Diese Ergebnisse erwiesen sich über eine Untersuchung unter Einbeziehung von Jugendlichen in Malaysia, Slowenien, der Schweiz und der Türkei als kulturell unabhängig (Zeyer, Çetin-Dindar et. al., 2013). Zeyer folgerte hieraus, dass Empathisierer und Systematisierer eventuell unterschiedliche Zugänge zu Naturwissenschaften benötigen, da sich aufgrund ihres unterschiedlichen Braintypes nicht alle gleichermaßen für diesen Bildungsbereich motivieren lassen (Zeyer, Bölsterli et. al., 2012). Diese Zugänge sollten speziell auf die Bedürfnisse des Braintypes zugeschnitten sein, indem sie einen persönlichen Bezug enthalten, den er „mental state“ (Befindlichkeit) nennt (Zeyer, Çetin-Dindar et. al., 2013, S. 1062).

Naturwissenschaftliche Lernumgebungen

Welche Ideen zur Gestaltung von Lernumgebungen gibt es in der Literatur bereits und welches Bild vom Kind und seinem Lernen steht dahinter? Schäfer sieht das Kind als „Akteur seiner Entwicklung“, indem es sich als Forscher, Entdecker, Konstrukteur und Baumeister sein Wissen durch „Selbst-tätig-sein“ aneignet (Schäfer, 2011, S. 27). Übertragen auf die frühe naturwissenschaftliche Bildung bedeutet dies, dass das forschende Lernen ein großes Selbstbildungspotential haben müsste. Bei Fthenakis et al. (2009) wird das Kind ebenfalls als aktiver Teil seines Bildungsprozesses gesehen, den er aber deutlich als sozialen Prozess kennzeichnet. Für die Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lernumgebungen haben diese unterschiedlichen Sichtweisen die Konsequenz, dass es bei Schäfer hauptsächlich darum geht, dass die Kinder in Kleingruppen spielerisch Naturerfahrungen machen (Schäfer et. al., 2009). Fthenakis et al. verweisen u. a. auf Lück, deren Experimentierreihen zur unbelebten Natur systematisch aufeinander aufbauen (Fthenakis et al., 2009). Bei Lück erfahren die Kinder den eigentlichen Kompetenzzuwachs im Wesentlichen durch die gemeinsame Deutung erlebter Naturphänomene (Lück, 2003, S. 103 f.).

Forschungsfragen

Aus den Vorüberlegungen ergeben sich nun folgende Forschungsfragen:

- Welche Kriterien müssen Lernumgebungen erfüllen, die einen eher systematischen bzw. empathischen Zugang bieten?
- Wie reagieren getestete Empathisierer- und Systematisiererkinder im Vorschulalter auf einen spezifisch systematischen Zugang bzw. einen spezifisch empathischen Zugang der Auseinandersetzung mit Naturphänomenen?
- Unterscheidet sich das Aufmerksamkeitsverhalten von Empathisierer- und Systematisiererkindern im Vorschulalter in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Lernumgebungen?
- Wie sollte eine naturwissenschaftliche Lernumgebung gestaltet sein, damit sie getestete Empathisierer- und Systematisiererkinder motiviert, sich mit naturwissenschaftlichen Phänomenen zu beschäftigen?

Design und Methode

Eine eher systematisch und eine eher empathisch angelegte Lernumgebung vergleichbaren naturwissenschaftlichen Inhalts werden auf der oben beschriebenen Grundlage entwickelt. Dann wird bei Kindern im Vorschulalter mithilfe des o. g. Fragebogens der jeweilige Braintype (Auyeung, Wheelwright et. al., 2009) bestimmt.

Im Sinne eines design-based-research-Ansatz (Collective, 2003) werden die getesteten Kinder in gemischten Kleingruppen an naturwissenschaftlichen Lernangeboten teilnehmen. Ein Teil der Kinder erlebt eine naturwissenschaftliche Lernumgebung mit einem eher systematischen Ansatz, ein zweiter Teil der Kinder eine Lernumgebung mit einem eher empathischem Ansatz. In der Pilotstudie wird dabei zuerst die eher systematische

Lernumgebung mit 10 bis 15 Kindern erprobt. So besteht die Möglichkeit, im Anschluss an die Auswertung das Treatment gegebenenfalls noch zu verändern. An der eigentlichen Datenerhebungsphase mit dem eher systematischen Treatment nehmen 60 Kinder teil.
Anschließend erfolgt der gleiche Ablauf mit der eher empathischen Lernumgebung und weiteren 75 Kindern (davon wieder 10 bis 15 in der Pilotphase II). Alle Angebote werden per Video aufgezeichnet.
Im Anschluss werden die Videoaufnahmen mithilfe einer computergestützten empirischen Analyse (Mayring, 2008) zunächst mit Blick auf das Aufmerksamkeitsverhalten ausgewertet. Als Grundlage dafür bietet sich z. B. das Münchner Aufmerksamkeitsinventar (MAI) an: ein Instrument zur systematischen Verhaltensbeobachtung der Schüleraufmerksamkeit im Unterricht (Helmke & Renkl, 1992). Die Erarbeitung weiterer Auswertungsschwerpunkte ist Teil des Forschungsprozesses.

Das Projekt wird von der Klaus Tschira Stiftung gefördert und an der Forscherstation durchgeführt. Die Forscherstation, Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH mit Sitz in Heidelberg, ist ein An-Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Die Forscherstation wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH ebenfalls mit Sitz in Heidelberg getragen.

Literatur

Aikenhead, G. S. (2001). Student's Ease in Crossing Cultural Borders into School Science. In: Science Education, Band 85, 180–188

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

Baron-Cohen, S. (2009). Autism: The Empathizing-Systemizing (E-S) Theory. In: Annals of the New York Academy of Sciences, Band 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. In: Zeitschrift Learning and individual differences, Band 17, Heft 3, 261

Collective, T. D. - B. R. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. 5-8

Fthenakis, W. E.; Wendell, A.; Eitel; Daut, M. & Schmitt, A. (2009). Natur-Wissen schaffen – Bd.3: Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Troisdorf

Goldenfeld, N.; Baron-Cohen, S.; Wheelwright, S. (2005). Empathizing and Systemizing in Males, Females, and Autism. Clinical Neuropsychiatry, Nr. 6

Helmke, A. & Renkl, A. (1997). Das Münchener Aufmerksamkeitsinventar (MAI). In F.E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), Entwicklung im Grundschulalter, 508–509, Weinheim

Heublein, U.; Richter, J.; Schmelzer, R.; Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an deutschen Hochschulen. Hochschul-Informations-System (HIS)

Lück, G. (2003). Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg im Breisgau

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (10. neuausgestattete Aufl.). Weinheim

Schäfer, G. E.; Alemzadeh, M.; Eden, H.; Rosenfelder, D. (2009). Natur als Werkstatt. Weimar

Schäfer, G. E. (2011). Bildungsprozesse im Kindesalter. Selbstbildung, Erfahrung und Lernen in der frühen Kindheit. Weinheim und München

Welzel, M. (2006). Mit Kindern die Welt entdecken. In: Spektrum der Wissenschaft. September 2006. 76–78

Zeyer, A.; Çetin-Dindar, A., Nurulazam Md Z., Ahmad; Juriševič, M.; Devetak, I.; Odermatt, F. (2013): Systemizing: A Cross-Cultural Constant for motivation to Learn Science. In: Journal of Research in Science Teaching Vol. 50, Nr. 9, November 2013, 1047–1067

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. International Journal of Science Education, 34 (5), 779–802

Bianca Watzka LMU München
Raimund Girwidz

Diagnostizieren und Individualisieren durch Operatoren und Präsentationsformate von Aufgaben

Mit der wachsenden Heterogenität in Klassen stieg bei Lehrkräften auch die Nachfrage nach Informationen über das Diagnostizieren von Kompetenzen und das Individualisieren von Lernprozessen. Interesse besteht auch an Weiterbildungen zum Erwerb diagnostischer Kompetenzen. Belege für den hohen Bedarf sind die zahlreichen, neu herausgebrachten Lehrerhandreichungen und Unterrichtsempfehlungen (vgl. ISB, 2008; LIS, 2009; Reiff, 2009; Vollstädt, 2009) und die vielen Fortbildungsangebote (vgl. Wirth & Lebens, 2011). Weiterhin zeigt das zunehmende Forschungsinteresse in der Lehr- und Lernforschung, Fragen zur Diagnose von Schülerkompetenzen, zur Individualisierung von Lernprozessen und zur Entwicklung diagnostischer Kompetenzen empirisch zu untersuchen, dass das Diagnostizieren und der Umgang mit Heterogenität einen hohen Stellenwert in der Lehrerprofessionalisierung einnehmen (vgl. Klieme & Leutner, 2006; Leutner, Fleischer, Spoden & Wirth, 2007; Kliemann, 2008). Beschrieben sind in diesem Beitrag wesentliche Diagnoseschritte und ausgewählte Ergebnisse von Forschungsarbeiten, die sich mit der Entwicklung und mit dem Einsatz von Diagnoseinstrumenten im Physikunterricht befassten. Ferner wird vorgestellt, wie Operatoren und Präsentationsformate aus Abituraufgaben für die Diagnose von Teilkompetenzen genutzt werden können.

Theoretische Grundlagen: Diagnoseschritte und -instrumente

Diagnoseschritte. Bögeholz und Eggert (2013) erläutern allgemeingültige Grundlagen für die Diagnose von Kompetenzausprägungen und die Individualisierung von Lernprozessen. Demnach unterscheidet man zwischen drei Schritten, in denen Diagnose und Individualisierung eng miteinander verknüpft sind.

- Im ersten Schritt geht es beim Diagnostizieren darum, die aktuelle Kompetenzausprägung eines Lernenden zu erfassen. Auf dem Diagnoseergebnis basierend schließen den Lernprozess individualisierende Maßnahmen an, wie das Festlegen von Förderzielen, eines zeitlichen Förderrahmens und eines Förderumfangs. Zusammengefasst dienen alle Prozesse und Maßnahmen des ersten Schritts dazu, die individuelle Ausgangslage eines Lernenden zu bestimmen und die individuelle Förderung vorzubereiten.
- Im Verlauf des zweiten Schrittes finden den Förderprozess begleitende Diagnosen statt, um die Wirksamkeit der Maßnahmen zu prüfen und die Kompetenzentwicklung festzuhalten. Diese prozessbegleitenden Diagnosen sollen dazu beitragen, die festgesetzten Förderziele zu erreichen und nötigenfalls weitere Fördermaßnahmen zu initiieren.
- Im dritten und letzten Schritt erfolgen neben der Diagnose des erreichten Kompetenzstands auch eine zusammenfassende Beurteilung der Kompetenzentwicklung und eine Prüfung, inwieweit der Lernende die festgelegten Förderziele erreicht hat. Abschließend erhält der Lernende ein individuelles Feedback über die erreichte Kompetenzentwicklung, die erlangte Kompetenzausprägung und das weitere Entwicklungspotential.

Diagnoseinstrumente. Bisher befassten sich wenig Studien mit der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Diagnoseinstrumenten. Ausnahmen sind z. B. die Befunde für den Einsatz von Concept-Maps (Ley, Krabbe & Fischer, 2012) und von Diagnosechecklisten, Kompetenzrastern und Lerntagebüchern (Pusch & Theyßen, 2011) als standardisierte Instrumente im Physikunterricht. Im Modellversuch *Nordwest: Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenz im Unterricht und in Lehr-Lern-Laboren* wurden Aufgaben nicht nur zur Förderung, sondern auch als Diagnosewerkzeug eingesetzt (z. B. Fischer & Sjuts, 2011). Außerdem fin-

den im Physikunterricht Lern- und Leistungsdiagnosen überwiegend mithilfe von Leistungstestaufgaben statt (Müller & Helmke, 2008). Gut belegt sind auch Merkmale von Testaufgaben, durch die individuelle Schwierigkeiten von Lernenden und Kompetenzen prüfbar werden. Abiturprüfungsaufgaben zeichnen sich durch festgelegte Leistungsparameter aus, die am Ende der Schullaufbahn ein erfolgreiches Lernen in Physik nachweisen sollen.

Methodik: Operatoren und Präsentationsformate in Abiturprüfungsaufgaben

Operatoren aus Abiturprüfungsaufgaben bilden einzelne Kompetenzen und deren Vernetzung ab. Abb. 1 zeigt die Häufigkeit verwendeter Operatoren exemplarisch für Abituraufgaben zur elektromagnetischen Induktion. Die beiden Operatoren "Berechnen" und "Bestimmen" wurden häufig verwendet, während der Operator "Skizzieren" selten zum Einsatz kam.

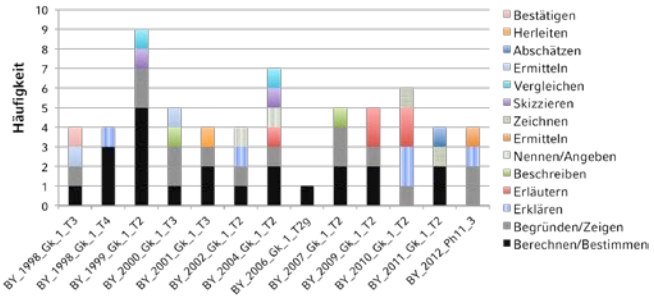


Abb. 1: Häufigkeiten von Operatoren in bayerischen Abituraufgaben zur elektromagnetischen Induktion.

Präsentationsformate codieren Inhalte verschieden. Beispiele sind Formeln, Diagramme, Schaltskizzen, Zeichnungen oder Textpassagen. Beim Lösen der Aufgabe müssen Lernende oft unterschiedlich codierte Inhalte miteinander in Beziehung setzen. Dadurch können verschiedene Präsentationsformate zu einem Thema genutzt werden, um die Vernetzung von Kompetenzen zu prüfen. Abb. 2 zeigt die Anzahl verwendeter Formate exemplarisch für Abituraufgaben zur elektromagnetischen Induktion. Es ist zu sehen, dass vor allem Texte, Zeichnungen und Diagramme Inhalte zur elektromagnetischen Induktion präsentieren.

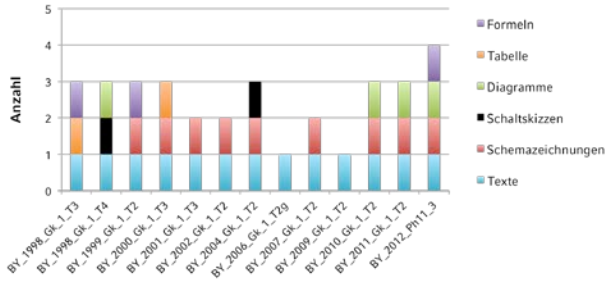


Abb. 2: Anzahl verschiedener Präsentationsformate in bayerischen Abituraufgaben zur elektromagnetischen Induktion.

Das Diagnostizieren von einzelnen und vernetzten Teilkompetenzen mittels Operatoren und Präsentationsformaten erfolgt in drei Schritten: (1) Analyse der Abituraufgabe hinsichtlich Operatoren und Präsentationsformaten, (2) Visualisierung der Aufgabenanforderung mit einem Diagnoseinstrument (z. B. Concept-Map) und (3) Diagnose der Schülerlösung und Visualisierung von Kompetenzen und Schwächen im verwendeten Diagnoseinstrument. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt einer bayerischen Abituraufgabe zur Induktion mit zwei

Operatoren (Zeigen und Ermitteln) und drei Präsentationsformaten (Text, Formel und Diagramm).

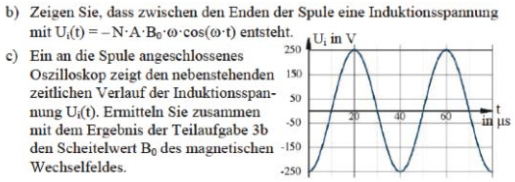


Abb. 3: Teilaufgabe aus dem bayerischen Abitur 2012

Abb. 4 zeigt, wie Anforderungen in einem Concept-Map dargestellt werden können. Rot umrahmt sind die Anforderungen aus den Teilaufgaben. Schwarz umrahmt sind ergänzende Anforderungen, die durch weitere Präsentationsformate zu einem Inhalt gestellt werden können.

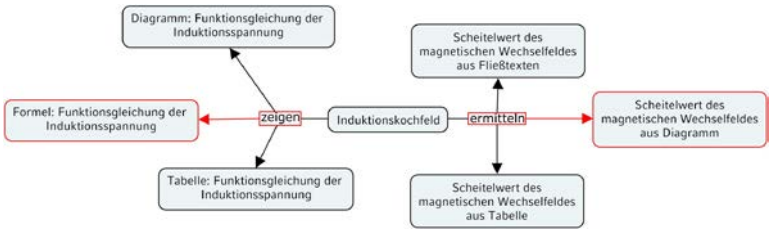


Abb. 4: Anforderungen der Teilaufgabe b) und c) aus dem bayerischen Abitur 2012 zur elektromagnetischen Induktion.

Literatur

Bögeholz, S & Eggert, S. (2013). Welche Rolle spielt die Kompetenzdiagnostik im Rahmen von Lehr-Lernprozessen?, *ZfE* 16, 59-64.

Fischer, A. & Sjuts, J. (2011). Diagnostische Kompetenz und die Schwierigkeit der Überprüfung. Beiträge zum Mathematikunterricht 2011, 259-262.

ISB (2008). Pädagogisch diagnostizieren im Schulalltag. München: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung.

Kliemann, S. (Hrsg.) (2008). Diagnostizieren und Fördern in der Sekundarstufe I. Schülerkompetenzen erkennen, unterstützen und ausbauen. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. *ZfP* 52 (6), 876-903.

Leutner, D.; Fleischer, J.; Spoden, C. & Wirth, J. (2007). Landesweite Lernstanderhebung zwischen Bildungsmonitoring und Individualdiagnostik. Sonderheft 8 *ZfE*, 149-167.

Ley, S.L., Krabbe, H. & Fischer, H.E. (2012). Convergent Validity: Concept Maps and Competence Test for students' Diagnosis in Physics. In A.J. Canas, J.D. Novak & J. Vanhear (Eds.), Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of 5th Int. Conference on Concept Mapping. Malta: Veritas Press, 149-155.

LIS (2009). Diagnose und Förderung in den Naturwissenschaften. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.

Müller, A. & Helmke, A. (2008). Qualität von Aufgaben als Merkmale der Unterrichtsqualität verdeutlicht am Fach Physik. In J. Thonhauser (Hrsg.), Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Münster: Waxmann, 31-46.

Pusch, A. & Theyßen, H. (2011). Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung in der fachwissenschaftlichen Lehramtsausbildung Physik. DPG-Frühjahrstagung 2011, Münster

Reiff, R. (2009). Das Lernen selbst überprüfen und steuern mithilfe von Lernstandsbogen. *Praxis Schule 5-10*, 1, 28-32.

Vollstädt, W. (2009). Diagnostizieren und individuell fördern. Praxis Schule 5-10, 1, 8-12.

Wirth, J & Lebens, M. (2011). Individualdiagnostik. UDiKom: Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte in Hinblick auf Verbesserung der Diagnosefähigkeit, Umgang mit Heterogenität, individuelle Förderung.

Julia Kobbe Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Entwicklung eines Trainings der piktorialen Literalität zur Förderung der fachspezifischen Problemlösekompetenz

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1293 „Kompetenzmodelle“ wird die im Folgenden beschriebene Studie durchgeführt, deren Ziel die Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines Kurzzeit-Trainingsprogramms zur Förderung wichtiger Komponenten der allgemeinen und der naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern (SuS) der Jahrgangsstufe 9 ist. Dieses soll insbesondere SuS des unteren Leistungsspektrums unterstützen. Als zentraler Aspekt wurde hierfür die piktoriale Literalität von SuS herausgearbeitet und der Fokus auf die Fächer Chemie und Biologie gelegt.
Zum jetzigen Zeitpunkt werden ein Ausschnitt des theoretischen Hintergrunds, Forschungsfragen und das Design der Studie vorgestellt.

Piktoriale Literalität und ihre Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Eine Analyse naturwissenschaftlicher Lehrbücher der Sekundarstufe I sowie von PISA-Aufgaben im Rahmen einer Voruntersuchung zeigt, dass naturwissenschaftliche Unterrichtsmaterialien und Aufgaben in bedeutendem Maße bildgestützt sind. Naturwissenschaftliche Abbildungen spielen eine zentrale Rolle bei der Wissensvermittlung oder sind selbst Grundlage von Aufgabenstellungen (vgl. Lachmeyer, 2008, Roth & Pozzer-Ardenghi, 2013, Schnotz, Baadte, Müller & Rasch, 2010). SuS werden dabei mit sehr vielfältigen Abbildungsformen konfrontiert. Der kompetente Umgang mit diesen und ein adäquates Bildverständnis sind notwendige Voraussetzungen zur erfolgreichen Bearbeitung gestellter Aufgaben und des zielgerichteten Lernens.
Anders als von Schnotz et al. (2010) gefordert, erfolgt bisher keine systematische Unterweisung der SuS, wie mit dieser Vielfalt von Abbildungsformen umzugehen ist und wie die im Bild codierten Informationen zu entschlüsseln sind. SuS werden lediglich auf Art des natürlichen Bildverstehens vorbereitet (Weidenmann, 1994a). Aufgrund der Komplexität der Bedeutungsinhalte und der bildlichen Codierungen ist jedoch davon auszugehen, dass SuS von einer systematischen Anleitung profitieren würden (McTigue & Flowers, 2011). Auch Pozzer-Ardenghi & Roth (2005) merken an, dass Lehrkräfte und Buch-/Bildautoren der real ausgebildeten piktorialen Literalität von SuS zu wenig Aufmerksamkeit widmen, und stattdessen annehmen, diese würden schon über die notwendigen Fähigkeiten verfügen, eine Abbildung im Sinne des Autors zu lesen. Weidenmann hat schon 1994 eindringlich auf diese Lücke hingewiesen: *„Besonders die piktoriale Literalität wird in unserem Bildungssystem erheblich unterschätzt. Man lernt zwar zu Lesen, Schreiben und Rechnen, aber nicht auch systematisch den Umgang mit den verschiedenen bildlichen Codes. Bilder gelten in der Regel als Lernhilfen, die man einsetzt, um Sprache und Zahlen verständlicher zu machen. Daß aber Bilder selbst erst einmal verstanden werden müssen, wird meistens nicht einkalkuliert.“* (Weidenmann, 1994a, S.16)
Folglich wird übersehen, dass die Verarbeitung instruktionaler Abbildungen für SuS eine *Problemlöseaufgabe* darstellt, deren Erfolg entscheidend von individuellen Variablen abhängt, zu denen neben Aufmerksamkeit, Interesse und Fachwissen auch die piktoriale Literalität zu zählen ist (Weidenmann 1994b).
Eine aktuelle Studie von Cromley et al. (2013) zeigt Hinweise darauf, dass SuS, die gezielt Tipps zum Decodieren ausgewählter Konventionen erhalten wie sie typischerweise in Abbildungen aus Biologieschulbüchern vorkommen (z. B. zu Bildunterschriften, Bild-

legenden, Abkürzungen), ein signifikant besseres Bildverständnis entwickeln als eine mit konventionellem Regelunterricht beschulte Kontrollklasse.
Ebenfalls am Beispiel der Biologie hat Lachmeyer (2008) ein „Strukturmodell der Fähigkeiten beim Diagrammgebrauch“ für Linien- und Säulendiagramme entwickelt und empirisch geprüft, welches weitere Ausgangspunkte für die Entwicklung eines Fördertrainings enthält sowie auf einen starken Zusammenhang der Fähigkeit zur Informationsentnahme und der Integration hindeutet.

Forschungsfragen und Hypothesen
In Bezug auf den dargestellten theoretischen Hintergrund ergeben sich damit zwei Fragestellungen:

FF1: Lässt sich mit Hilfe eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität die fachspezifische Problemlösekompetenz in Biologie und Chemie steigern?
H1.1: Ein Training der piktorialen Literalität führt zur Steigerung der fachspezifischen Problemlösekompetenz in Biologie und Chemie.
H1.2: Der Effekt ist für die Fächer Chemie und Biologie gleich groß.

FF2: Wie wirkt sich ein Training zur Förderung der piktorialen Literalität auf die Leistungen der fächerübergreifenden (analytischen) Problemlösekompetenz aus?
H2: Ein Training der piktorialen Literalität führt zur Steigerung der fächerübergreifenden Problemlösekompetenz.

Inhalte des Trainingsprogramms
Mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes und dennoch kompaktes Trainingsprogramms der piktorialen Literalität zu entwickeln, sollen neben konventionalen Merkmalen (vgl. Cromley et al., 2013, Lachmeyer, 2008) auch nicht konventional festgelegte Merkmale in das Trainingsprogramm integriert werden. Es werden zentrale Aspekte für acht, im Rahmen der Voruntersuchung als besonders bedeutsam herausgearbeitete Abbildungstypen der Fächer Chemie und Biologie behandelt. Diese werden durch die Vermittlung abbildungsspezifisch angepasster Problemlösestrategien sowie allgemeiner Merkmale von Abbildungen ergänzt. So sind u. a. Aspekte wie Bildunterschriften, Bildüberschriften, Bildlegenden und Konventionen in Bezug auf Linien-, Säulen-, Balken-, Kreisdiagramme Bestandteil des Trainingsprogramms. Aber auch konventional nicht oder nur teilweise fassbare Merkmale, wie etwa die (Be)Deutung farblicher Codierungen, oder Aspekte wie Größe, Form, räumliche Nähe, die vielfältige Bedeutung von Pfeilen usw. werden behandelt. Mithilfe dieser Lektionen sollen auch Abbildungsformen wie Quer-/Längsschnitte, Versuchsaufbauten, Abbildungen, die mehrere Ebenen vom makroskopischen bis ggf. subatomaren Bereich umfassen u. ä. erschlossen werden. Diese sind in ihrer Formenvielfalt, Komplexität und Grad der Abstraktion in besonderem Maße vom jeweiligen Autor geprägt und stellen gleichzeitig eine zentrale naturwissenschaftliche Informationsquelle dar.

Design der Studie
Die Studie wird in einem Prä-Post-Testdesign durchgeführt, mit 2 Experimentalgruppen respektive Kontrollgruppen. Zielpopulation sind SuS der Jahrgangsstufe 9 des Gesamt-, Sekundar- und Realschulbereichs des Landes Nordrhein-Westfalen. Für die Hauptstudie ist ein Stichprobenumfang von $N = 200$ geplant.

Im Rahmen der Pilotstudien werden zwei in Dauer und Umfang unterschiedliche Treatment-Varianten getestet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Testdesign

Treatment			
Treatment 1	**Prätest**	**Training piktorialer Literalität im Rahmen eines 1-wöchigen Science-Camps** *Thematische Einbettung der Lektionen in die theoretische und praktische Bearbeitung naturwissenschaftlicher Alltagsphänomene*	**Posttest**
Treatment 2		**Training piktorialer Literalität als eintägiger Workshop** *alle Lektionen zur piktorialen Literalität in Folge, nur kurzer naturwissenschaftlicher Praxisteil*	
Kontrolle		**Zeitäquivalentes Schülerlabor** *aktiver Umgang mit Abbildungen erforderlich, jedoch ohne begleitende Lektionen zur piktorialen Literalität*	

Ein Treatment findet in Form eines einwöchigen freiwilligen Schüler-Science-Camps in den Ferien statt, während es sich beim zweiten Treatment um ein eintägiges Trainingsprogramm mit Schulklassen im Rahmen des Regelunterrichts handelt. Die Inhalte und der Umfang der Lektionen zur piktorialen Literalität entsprechen sich in beiden Treatments. Beim einwöchigen Science-Camp erfolgt jedoch eine thematische Einbettung der Lektionen zur piktorialen Literalität in die Diskussion naturwissenschaftlicher Alltagsphänomene, welche auch praktisch bearbeitet werden. Das eintägige Treatment bietet zeitlich komprimiert alle Lektionen zur piktorialen Literalität, gefolgt von einem kurzen naturwissenschaftlichen Praxisteil.

Die SuS der Kontrollgruppe absolvieren entsprechend zeitäquivalente Schülerlabortage an der Universität Duisburg-Essen. Diese beinhalten ebenfalls einen theoretischen sowie einen praktischen naturwissenschaftlichen Teil und erfordern gleichsam den aktiven Umgang mit Abbildungen, werden jedoch nicht von Lektionen zur piktorialen Literalität begleitet.

Ausblick

Neben der Entwicklung des Fördertrainings ist ein weiteres Ziel der Studie, ein beidseitiges Bewusstsein dafür zu schaffen, dass naturwissenschaftliche Abbildungen keineswegs trivial und selbsterklärend sind, sondern mitunter sehr komplex in ihrem Bedeutungsgehalt und ihrer Vielfalt sein können. Aufgrund ihrer zentralen Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht ist ein kompetenter Umgang mit ihnen unabdingbar. Er muss jedoch erlernt werden. Diese Studie möchte u. a. einen Beitrag zur Entwicklung geeigneter, in den Regelunterricht integrierbarer, Lernmaterialien leisten, und mit der bewussten Auseinandersetzung mit dieser Thematik die piktoriale Literalität aller SuS stärken.

Literatur

Cromley, J. G., Perez, T. C., Fitzhugh, S. L., Newcombe, N. S., Wills, T. W., & Tanaka, J. C. (2013). Improving Students' Diagram Comprehension with Classroom Instruction. The Journal of Experimental Education, 81 (4), 511–537.

Lachmeyer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht. Kiel.

McTigue, E., & Flowers, A. (2011). Visual literacy in science texts: Elementary students' perceptions and understandings of common diagrams. The Reading Teacher, 64 (8), 578-589.

Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W.-M. (2005). Making sense of photographs. Science Education, 89, 219-241

Roth, W.-M., Pozzer-Ardenghi, L. (2013). Pictures in Biology Education. In D.F. Treagust & C.Y. Tsui (Eds.), Multiple Representations in Biological Education, Models and Modeling in Science Education 7. Dordrecht Heidelberg New York London, Springer, 39-53.

Schnotz, W., Baadte, C., Müller, A. & Rasch, R. (2010). Creative Thinking and Problem Solving with Depictive and Descriptive Representations. In Verschaffel, L., de Corte, E., de Jong, T. & Routledge, J. (Ed.): Use of Representations in Reasoning and Problem Solving - Analysis and Improvement. London, New York: Routledge., 11-35.

Weidenmann, B. (1994a) Lernen mit Bildmedien. Psychologische und didaktische Grundlagen. (2. Aufl.) Beltz Weiterbildung: Bd.1. Weinheim, Basel: Beltz.

Weidenmann, B. (1994b) Codes of Instructional Pictures. In Schnotz, W. & Kulhavy, R.W., Comprehension of Graphics. Amsterdam, Elsevier Science B.V., S.29-42.

Anna Hasenkamp Universität Duisburg-Essen
Anna Windt
Stefan Rumann

Entwicklung der Sachunterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften

Ausgangslage

Sachunterricht ist ein grundschulspezifisches Fach, das von der ersten bis zur vierten Klasse unterrichtet wird. Es umfasst naturwissenschaftliche und gesellschaftswissenschaftliche Disziplinen und ist damit durch Vielperspektivität (GDSU, 2013) gekennzeichnet. Der Sachunterricht verfolgt das Ziel „Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen zu verstehen, sie sich auf dieser Grundlage bildungswirksam zu erschließen und sich darin zu orientieren, mitzuwirken und zu handeln“ (GDSU, 2013, S. 9).

Auch für Lehrkräfte im Sachunterricht besteht die Ausbildung aus drei Phasen: dem Lehramtsstudium an einer Universität, dem Vorbereitungsdienst (VD) an einer Schule und einem Studienseminar sowie der Weiterbildung während des Schuldienstes. In diesem Promotionsprojekt liegt der Fokus auf der Ausbildung im VD als wichtige Gelenkstelle zwischen der ersten und dritten Phase.

Während des VD lernen angehende Lehrkräfte ihren Unterricht selbstständig zu planen, durchzuführen und zu reflektieren (Kiper, 2012; MSW NRW, 2011). Dieser Dreischritt wird im Projekt „EuLe - Entwicklung der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung“ untersucht. Das hier beschriebene Teilprojekt fokussiert auf die Untersuchung der Unterrichtsplanung, während die beiden anderen Teilprojekte die Unterrichtsdurchführung (Rau, Windt & Rumann, in diesem Band) und die Unterrichtsreflexion (Windt & Lenske, eingereicht) untersuchen.

Theoretischer Hintergrund

Ein wichtiges Ziel des VD besteht darin, dass angehende Lehrkräfte lernen, ihren Unterricht didaktisch und methodisch begründet zu planen, was sie in schriftlichen Unterrichtsentwürfen festhalten (MSW NRW, 2011). Die Unterrichtsplanung umfasst alle vorunterrichtlichen Entscheidungen und Maßnahmen, die die Lehr- und Lernprozesse im Unterricht optimieren sollen (Sandfuchs, 2006a). Das Festhalten des antizipierten Unterrichts in schriftlichen Entwürfen soll angehenden Lehrkräften helfen, ihre Planungsentscheidungen zu strukturieren und zu ordnen (Kiper, 2012; Mühlhausen, 2007). Dadurch sollen sie sich der Ziele des Unterrichts bewusst werden (Mutton, Hager & Burn, 2011).

In Studien konnte festgestellt werden, dass die Planungskompetenz während Praktika in der universitären Phase ansteigt (z. B. Baer et al., 2011). Über den VD ist diesbezüglich noch nichts bekannt. Dass angehende Lehrkräfte sich auch im VD in verschiedenen Kompetenzbereichen entwickeln, zeigen z. B. Studien zum Professionswissen (z. B. Borowski, Olszewski & Fischer, 2010). Hinsichtlich der Unterrichtsplanung im Sachunterricht liegen Studien vor, die den Planungsprozess von Studierenden sowie angehenden und voll ausgebildeten Lehrkräften beschreiben (z. B. Tänzer, 2012). Die Veränderung der Qualität von Sachunterrichtsplanung während des VD wurde bisher nicht untersucht (vgl. auch Hasenkamp, Windt & Rumann, 2014).

Die Unterrichtsplanung sollte sich nach Sandfuchs (2006b) an Merkmalen guten Unterrichts (z. B. Helmke, 2003, 2009; Meyer, 2004, 2007) orientieren, da die Unterrichtsqualität einen entscheidenden Prädiktor für das Lernen der Schülerinnen und Schüler darstellt (Hattie, 2009).

Methoden & Design

Vor dem theoretischen Hintergrund soll untersucht werden, wie sich die Qualität der Sachunterrichtsplanung im Verlaufe des VD entwickelt – auch hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale.

Dafür werden in der Hauptstudie von 20 angehenden Lehrkräften die schriftlichen Unterrichtsentwürfe zu drei Unterrichtsbesuchen am Anfang, in der Mitte und am Ende des 1,5-jährigen VD analysiert. Die Bewertung der Qualität der darin beschriebenen Unterrichtsplanung erfolgt unter Verwendung der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) auf Grundlage eines selbst entwickelten Kategoriensystems. Zur Entwicklung des Kategoriensystems wurden zunächst fächerübergreifende Merkmale für guten Unterricht (Helmke, 2003, 2009; Meyer, 2004, 2007) mit spezifischen Besonderheiten der Sachunterrichtsdidaktik zu sechs überschneidungsfreien Merkmalen (z. B. Einsiedler, 2007; Hempel & Lüpkes, 2009; Kaiser, 2010) zusammengeführt: Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Aktivierung, Lernförderliches Klima, Umgang mit Heterogenität und Gestaltung des Lernangebots. Da sich die Merkmale guten Sachunterrichts auf die Durchführung des Unterrichts beziehen, wurden sie in einem weiteren Schritt für die Unterrichtsplanung ausformuliert. Die sechs Merkmale werden je durch fünf bis acht Facetten ausdifferenziert. Die einzelnen Facetten werden entweder auf einer vierstufigen Skala oder hinsichtlich verschiedener Kriterien dichotom eingeschätzt.

Zur Überprüfung der Validität der Messung mit dem entwickelten Kategoriensystem schätzen die FachleiterInnen und MentorenInnen die angehenden Lehrkräfte hinsichtlich der gleichen sechs Merkmale für gute Sachunterrichtsplanung zu jedem Messzeitpunkt mit sechs Items ein. Des Weiteren schätzen die angehenden Lehrkräfte ihre aktuelle Unterrichtsplanung hinsichtlich ihrer Zufriedenheit, ihrer zeitlichen Ressourcen, ihrer empfundenen Relevanz und der Übereinstimmung ihrer gedanklichen Planung mit der Verschriftlichung ein.

Ergebnisse der Pilotierung des Kategoriensystems

In der Pilotierung wurde zunächst das Kategoriensystem durch drei Sachunterrichtsdidaktikerinnen diskursiv validiert und optimiert. Im Anschluss wurden zwei Rater trainiert und von ihnen sieben Unterrichtsplanungen kodiert. Für diese Kodierung wurde die Beurteilerübereinstimmung für jede einzelne Facette berechnet. Cohens κ (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) liegt zwischen .222 und 1.0 mit einem Median von 1.0. Die Ergebnisse zeigen, dass es durchaus möglich ist, die Qualität der Sachunterrichtsplanung mit einem Kategoriensystem objektiv zu erfassen. Allerdings ist das Kategoriensystem in einigen Facetten noch zu optimieren. Insbesondere werden noch mehr Beispiele und Indikatoren ergänzt, um für alle Facetten ein κ von >.70 zu erreichen.

Ausblick

Weiterführend wird zur inhaltlichen Validierung des Kategoriensystems ein Expertenrating durchgeführt. Darin bewerten fünf Fachleiter und fünf Fachdidaktiker aus dem Bereich des Sachunterrichts jede Facette dahingehend, ob sie Teil guten Sachunterrichts ist, ob sie vollständig ist und ob sie dem richtigen Merkmal zugeordnet ist.

Zusätzlich wird eine kleine Ergänzungsstudie mit einer Substichprobe von N=5 angehenden Lehrkräften durchgeführt. Darin wird über ein leitfadengestütztes Interview die Übereinstimmung zwischen der gedanklichen Planung und dem schriftlichen Unterrichtsentwurf näher untersucht, da erste Einblicke in die Selbsteinschätzungen der angehenden Lehrkräfte gezeigt haben, dass sie nicht alles, was sie geplant haben, auch in den schriftlichen Entwürfen niederschreiben.

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 Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 14 (1), 85-117.

Borowski, A., Olszewski, J., & Fischer, H. E. (2010). Fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 63 (5), 260-263.

Einsiedler, W. (2007). Methoden und Prinzipien des Sachunterrichts. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken & S. Wittkowske (Hrsg.). Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (S. 389–400). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hasenkamp, A., Windt, A., & Rumann, S. (2014). Sachunterrichtsplanung in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In S. Bernholt (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 456-458). IPN: Kiel.

Hattie, J. (2009). Visible learning: A synthesis of meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität : Erfassen, Bewerten, Verbessern. (2. Aufl.). Seelze: Klett-Kallmeyer.

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

Hempel, M., & Lüpkes, J. (2009). Lernen im Sachunterricht: Lernplanung - Lernaufgaben - Lernwege. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Kaiser, A. (2010). Neue Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Kiper, H. (2012). Unterricht planen, durchführen, auswerten. In K.-O. Bauer & N. Logemann (Hrsg.). Effektive Bildung. Zur Wirksamkeit und Effizienz pädagogischer Prozesse (S. 151-181). Münster: Waxmann.

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (10., neu ausgestattete Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Meyer, H. (2004, 2007). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Scriptor.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes (MSW) NRW (2012). Ordnung des Vorbereitungsdienstes und der Staatsprüfung für Lehrämter an Schulen – OVP. Frechen: Ritterbach Verlag.

Mühlhausen, U. (2007). Unterrichtsvorbereitung – wie am besten? In P. Daschner & U. Drews (Hrsg.). Kursbuch Referendariat (S. 40-58). Weinheim: Beltz.

Mutton, T., Hagger, H., & Burn, K. (2011). Learning to plan, planning to learn: the developing expertise of beginning teachers. Teachers and Teaching: theory and practice, 17 (4), 399-416.

Sandfuchs, U. (2006a). Grundfragen der Unterrichtsplanung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.). Handbuch Unterricht (S. 685-694). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Sandfuchs, U. (2006b). Ebenen, Prinzipien und Situationen der Planung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.). Handbuch Unterricht (S. 695-701). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Tänzer, S. (2012). Wie bewältigen Lehramtsanwärterinnen die Planung von Sachunterricht? – Erste Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.). Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion (S.199-206). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Windt, A. & Lenske, G. (eingereicht). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer, H. Giets & k. Michalik (Hrsg.). Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen: Hogrefe.

Sarah Rau Universität Duisburg-Essen
Anna Windt
Stefan Rumann

Entwicklung von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung

Ausgangslage & theoretischer Hintergrund

Der zweiten Phase der Lehrerbildung, im Folgenden Vorbereitungsdienst genannt, wird eine unterrichtspraktisch hohe Bedeutsamkeit zugesprochen (z. B. Busian & Pätzold, 2004). Das im Studium erworbene pädagogische, fachwissenschaftliche und fachdidaktische Wissen soll hier praktisch im Unterricht umgesetzt werden (Vogelsang & Reinhold, 2013).

Der Vorbereitungsdienst als Ausbildungsphase in Deutschland ist in Europa einzigartig (Košinár, 2014) und umfasst abhängig vom Bundesland 12 bis 24 Monate. Nach einer Einführungsphase mit Begleitung und Anleitung durch erfahrene MentorInnen folgt eine Phase mit selbstständigem und eigenverantwortlichem Unterrichten. In dieser Zeit absolvieren die angehenden Lehrkräfte in jedem Fach fünf Unterrichtsbesuche (MSW NRW, 2011). Zu den Besuchen gehört, dass die angehenden Lehrkräfte eine didaktisch und methodisch begründete Unterrichtsplanung verfassen. Zu Grunde liegen sollen diese Überlegungen Kriterien für guten Unterricht (z. B. Helmke, 2009; Meyer, 2007). Die Planung dient als Handlungsbasis; die angehenden Lehrkräfte sollen zeigen, dass sie auf den Prozesscharakter von Unterricht reagieren können (Merkens, 2010; Becker, 2008). Die Durchführung von Unterricht bedeutet also, flexibel zu handeln und sich auf Schüleräußerungen, -reaktionen und -bedürfnisse einzulassen. Auch die Modifikationen des Unterrichtsablaufs sollen Ansprüchen guten Unterrichts genügen (ebd.).

In einigen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass sich über die Dauer von praktischen Lerngelegenheiten bei angehenden Lehrkräften allgemeine Lehrfähigkeiten entwickeln, wie die Flexibilität auf Schüleräußerungen zu reagieren (Niemi, 2011; Wideen, Mayer-Smith & Moon, 1998). Baer et al. (2011) zeigten darüber hinaus, dass einzelne Aspekte von Unterrichtsqualität signifikant über den Verlauf von Praxisphasen im Studium bei schweizerischen Lehramtsstudierenden ansteigen. Besonders in den Bereichen Instruktionseffizienz, Umgang mit Unterrichtszeit, kognitive Aktivierung und Pacing wurden mittlere Effektstärken festgestellt.

Wie diese Entwicklung bei angehenden Sachunterrichtslehrkräften im Vorbereitungsdienst verläuft, ist bislang nicht geklärt. Das hier vorgestellte Forschungsprojekt ist in das Gesamtprojekt „EuLe – Entwicklung der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung“ eingebettet (siehe auch Hasenkamp, Windt & Rumann in diesem Band; Windt & Lenske, eingereicht). Darin werden in drei Teilprojekten, die auf die gleiche Stichprobe zurückgreifen, alle drei Teilbereiche des Unterrichtens untersucht.

Im Teilprojekt zur Durchführung von Sachunterricht (SU), das im Fokus dieses Beitrags steht, soll nachgezeichnet werden, zu welchem Zeitpunkt im Laufe der Ausbildung einzelne Merkmale von Unterrichtsqualität von den angehenden Lehrkräften realisiert werden können.

Forschungsfragen

F1: Wie verändert sich die Qualität der Unterrichtsdurchführung von SU im Verlauf des Vorbereitungsdienstes?

H1: Die Qualität der Unterrichtsdurchführung nimmt im Verlauf des Vorbereitungsdienstes zu.

F2: Wie verändert sich die Qualität der Durchführung von SU hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale im Verlauf des Vorbereitungsdienstes?
H2.1: Grundlegende Aspekte der Unterrichtsorganisation und -strukturierung (Klarheit & Strukturiertheit, Angebotsvielfalt) entwickeln sich insbesondere in der ersten Hälfte des Vorbereitungsdienstes.
H2.2: Aspekte, die die Individualebene der SuS einbeziehen (Umgang mit Heterogenität, Aktivierung, Lernförderliches Klima) entwickeln sich insbesondere in der zweiten Hälfte des Vorbereitungsdienstes.

Methoden & Design
Um die Entwicklung im Laufe der 1,5-jährigen Ausbildung in NRW nachzuzeichnen, werden im Rahmen der verpflichtenden Unterrichtsbesuche drei Unterrichtsstunden videografiert. Die Aufnahmen erfolgen je einmal am Anfang, in der Mitte und am Ende des Vorbereitungsdienstes bei 15 angehenden Lehrkräften.
Der Unterricht wird von zwei Kameras erfasst. Während die Lehrerkamera mobil eingesetzt wird, d. h. der angehenden Lehrkraft folgt, wird die Reservekamera statisch aufgebaut. Die Reservekamera kann zusätzliche Informationen liefern, da sie den Klassenraum aus einer weiteren Perspektive erfasst. Projektspezifische Richtlinien für die Videoaufnahmen standardisieren die Aufnahmen beider Kameras.
Für die Analyse der Videos wird ein Kategoriensystem verwendet. Zur Entwicklung des Kategoriensystems wurden zunächst die fächerübergreifenden Merkmale für guten Unterricht von Helmke (2003; 2009) und Meyer (2004; 2007) zu sechs Qualitätsmerkmalen zusammengeführt: *Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Aktivierung, Lernförderliches Klima, Umgang mit Heterogenität* sowie *Gestaltung des Lernangebots.* Die Merkmale werden mit je fünf bis acht Facetten beschrieben. In die Beschreibung sind sowohl fachübergreifende als auch SU-spezifische Aspekte (z. B. GDSU, 2013; Kahlert, 2009; Kaiser, 2008) eingeflossen, sodass ein Kategoriensystem entstanden ist, das *guten Sachunterricht* beschreibt. Die Facetten lassen sich in zwei Auswertungstypen unterteilen. Facettentyp A umfasst je zwei bis vier Kriterien, die auf einer dichotomen Skala bewertet werden. Facettentyp B wird auf einer vierstufigen Likert-Skala mit ausdifferenzierten Stufenbeschreibungen bewertet. Die meisten Facetten werden in einem Overall-Rating kodiert. Nur wenige Facetten, z. B. *Umgang mit Störungen*, werden eventbasiert kodiert.
Alle Facetten werden in einem Kodiermanual mit Definitionen, Beispielen und Kodierregeln (vgl. Mayring, Gläser-Zikuda & Ziegelbauer, 2005) beschrieben. Dieses Kodiermanual wird aktuell pilotiert. Nach einer diskursiven Validierung mit drei Fachdidaktikerinnen haben zwei trainierte Rater bisher fünf Unterrichtsvideos kodiert. Die Beurteilerübereinstimmung zeigt, dass es gelingen kann, die Qualität des Sachunterrichts anhand eines Kategoriensystems objektiv zu bewerten. Allerdings sind noch nicht alle Facetten der Merkmale *Klassenführung, Aktivierung* und *Lernförderliches Klima* ausreichend und eindeutig genug operationalisiert. Cohens κ (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) für die einzelnen Facetten liegt zwischen .167 und 1.0 mit einem Median von .615. Für die einzelnen Merkmale haben sich folgende Werte ergeben:
- Klassenführung: $.167 < \kappa < 1.0$; Median = .615
- Aktivierung: $.167 < \kappa < 1.0$; Median = 1.0
- Lernförderliches Klima: $.545 < \kappa < 1.0$; Median = .545

Zusätzlich zur Auswertung der Videos wird die Einschätzung der angehenden Lehrkräfte selbst sowie die der ausbildenden MentorInnen und FachleiterInnen hinsichtlich der gleichen Merkmale wie im Kategoriensystem erhoben. Damit soll vor allem die Übereinstimmung von ausgebildeten Lehrkräften, Fachleitungen und dem Kategoriensystem überprüft werden.

Zu Beginn der Untersuchung wurden ergänzend der Ausbildungshintergrund der angehenden Lehrkräfte, ihre Praxiserfahrung und Interessen an den SU-konstituierenden Fächer erhoben.

Ausblick

Die Haupterhebung hat im September 2014 begonnen. Zum aktuellen Zeitpunkt sind die Aufnahmen des ersten Messzeitpunktes weitestgehend abgeschlossen. Bevor die erhobenen Daten ausgewertet werden können, steht zum einen die Weiterführung der Pilotierungsratings zur Verbesserung der Interrater-Übereinstimmung an. Angestrebt ist hier $\kappa < .7$.

Zum anderen wird das Kategoriensystem über ein Expertenrating validiert. Je fünf FachleiterInnen und FachdidaktikerInnen aus dem Sachunterricht bewerten die einzelnen Facetten dahingehen, ob sie Teil guten Sachunterrichts, vollständig und dem richtigen Merkmal zugeordnet sind.

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 Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 14(1), 85–117.

Becker, G. E. (2008). Unterricht durchführen, Teil 2: Handlungsorientierte Didaktik (9., vollst. überarb. Aufl., Pädagogik). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Busian, A. & Pätzold, G. (2004). Kompetenzentwicklung der Lehrenden: Konzepte und Maßnahmen der Lehreraus- und -fortbildung zur didaktischen Förderung von selbst gesteuertem Lernen, Selbstwirksamkeit und Teamfähigkeit. Dossier 4. In D. Euler & G. Pätzold (Hrsg.). Selbst gesteuertes und kooperatives Lernen in der beruflichen Erstausbildung (SKOLA). Gutachten und Dossiers zum BLK-Programm. Heft 120 der Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung der BLK (S. 114-137). Bonn.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität : Erfassen, Bewerten, Verbessern. (2. Aufl.). Seelze: Klett-Kallmeyer.

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

Kahlert, J. (2009). Der Sachunterricht und seine Didaktik (3., aktualisierte Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kaiser, A. (2008). Neue Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts (2. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Košinár, J. (2014): Professionalisierungsverläufe in der Lehrerausbildung. Opladen: Verlag Barbara Budrich.

Mayring, P., Gläser-Zikuda, M. & Ziegelbauer, S. (2005). Auswertung von Videoaufnahmen mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse – ein Beispiel aus der Unterrichtsforschung. Abgerufen von (letzter Zugriff am 13.10.14): http://www.medienpaed.com/Documents/medienpaed/9/mayring0504.pdf.

Merkens, H. (2010). Unterricht: Eine Einführung (1. Aufl.). Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften.

Meyer, H. (2004, 2007). Was ist guter Unterricht? Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2011). Ordnung des Vorbereitungsdienstes und der Staatsprüfung für Lehrämter an Schulen (OVP). Abgerufen von (letzter Zugriff am 13.10.14): http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/LAusbildung/Vorbereitungsdienst/OVP.pdf.

Niemi, H. (2011). Educating student teachers to become high quality professionals - a Finnish case. CEPS Journal, 1(1), 43–66.

Wideen, M., Mayer-Smith, J. & Moon, B. (1998). A Critical Analysis of the Research on Learning to Teach: Making the Case for an Ecological Perspective on Inquiry. Review of Educational Research, 68(2), 130-178.

Windt, A. & Lenske, G. (eingereicht). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

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

Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Die Rolle des universitären Wissens für das Unterrichtshandeln. In S. Bernholt (Hrsg.). Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (242-244). Kiel: IPN.

Hilda Scheuermann IPN Kiel
Mathias Ropohl

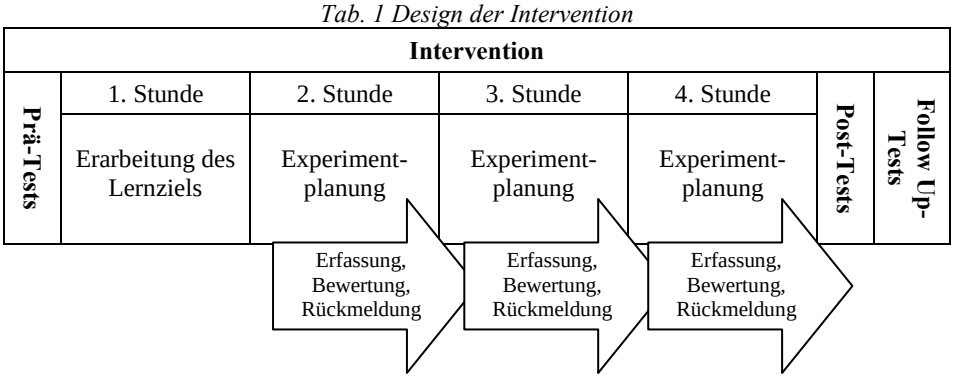
Fördert formatives Assessment prozessbezogene Kompetenzen?

Die Bildungsstandards für das Fach Chemie fordern im Kompetenzbereich ‚Erkenntnisgewinnung', dass Schülerinnen und Schüler zum mittleren Schulabschluss über prozessbezogene Kompetenzen verfügen (KMK, 2005). Schülerinnen und Schüler sollen naturwissenschaftliche Fragestellungen formulieren, Hypothesen aufstellen, Experimente zur Überprüfung der Hypothesen planen, Variablenkontrolle beim Experimentieren beachten und schließlich die Ergebnisse evaluieren können. Schülerinnen und Schüler gehen jedoch beim Experimentieren vorwiegend unsystematisch vor und haben insbesondere bei der Variablenkontrolle Schwierigkeiten. Häufige Fehler sind hierbei in der Benennung von abhängigen und unabhängigen Variablen, in der Variierung von unabhängigen Variablen und in der Berücksichtigung von Störvariablen zu finden (z. B. Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2006, Wahser & Sumfleth, 2008).
Schülerinnen und Schüler benötigen daher eine gezielte Förderung prozessbezogener Kompetenzen. Eine Möglichkeit bietet der Prozess formativen Assessments (vgl. Black & Wiliam, 1998; Harlen, 2007; Kingston & Nash, 2011). Zu Beginn des Prozesses wird mit den Schülerinnen und Schülern ein Lernziel definiert. Es folgt eine Schüleraktivität, mit deren Hilfe der Lernstand der Schülerinnen und der Schüler erfasst wird. Dieser Lernstand wird bewertet und schließlich Schülerinnen und Schülern individuell rückgemeldet. Hierauf folgt eine weitere Schüleraktivität. Auf diese Weise wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben, ihre Kompetenzen während des Lernprozesses zu verbessern. In der Forschungsliteratur lässt sich jedoch eine unterschiedlich starke Lernwirksamkeit formativen Assessments in den Fachdomänen Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften ausmachen (Kingston & Nash, 2011). In den Naturwissenschaften ist die Lernwirksamkeit am geringsten. Es wird angenommen, dass die Aufgaben in den Naturwissenschaften schwieriger als in den Sprachen sind, weswegen formatives Assessment hier weniger stark auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler wirkt (Kingston & Nash, 2011).
Im Prozess formativen Assessments sind Rückmeldungen eine wichtige Komponente. Rückmeldungen sind dann lernwirksam, wenn sie den Schülerinnen und Schülern aufzeigen, was das Lernziel ist, was der aktuelle Lernstand ist und welche Verbesserungsmöglichkeiten es gibt (Hattie & Timperley, 2007, Harks, Rakoczy, Hattie, Besser & Klieme, 2013; Wollenschläger, Möller & Harms, 2012). Allerdings variiert die Lernwirksamkeit von Rückmeldungen in Abhängigkeit von der Form der Rückmeldung, von der Aufgabenschwierigkeit und von der Fachdomäne (Kluger & DeNisi, 1996, Shute, 2008).
Im Rahmen des Promotionsvorhabens wird die Lernwirksamkeit eines Forscher- und eines Rückmeldebogens als Methoden für den Prozess formativen Assessments zur Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen untersucht. Weil aus dem Forschungsstand hervorgeht, dass Rückmeldungen eine wichtige Komponente im Prozess formativen Assessments sind und dessen Lernwirksamkeit von der Form der Rückmeldungen, Aufgabenschwierigkeit und Fachdomäne beeinflusst wird, soll in einer Interventionsstudie die folgende Forschungsfrage untersucht werden:

Welche Form von Rückmeldung ist im Prozess formativen Assessments lernwirksam im Hinblick auf die prozessbezogene Kompetenz der Experimentplanung im Fach Chemie?

Zur Untersuchung der Fragestellung ist eine vierstündige Interventionsstudie mit drei Interventionsgruppen zum Thema Metalle in achten Klassen an Gymnasien in Schleswig-Holstein geplant (s. Tab. 1). Die Stichprobe soll N = 300 Schülerinnen und Schüler umfassen.
Die Intervention orientiert sich am Prozess formativen Assessments.

Tab. 1 Design der Intervention



In der ersten Unterrichtsstunde wird gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern das Lernziel festgelegt. Hierzu erarbeiten die Schülerinnen und Schüler Kriterien für eine Experimentplanung wie die Benennung abhängiger und unabhängiger Variablen, das kontrollierte Variieren unabhängiger Variablen und das Berücksichtigen von Störvariablen. Sie wenden diese Kriterien auf exemplarische Planungen an. In den nächsten drei Unterrichtsstunden planen die Schülerinnen und Schüler ein Experiment zur Überprüfung einer vorgegeben Hypothese. Diese Experimentplanung verschriftlichen sie auf einem Forscherbogen. Am Ende der Stunde wird der Forscherbogen eingesammelt. Die Experimentplanungen werden mithilfe eines Auswerteschemas bewertet. Je nach Interventionsgruppe erhalten die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Formen von Rückmeldung auf ihre Experimentplanung (s. Tab. 2). In der nächsten Stunde erhalten die Schülerinnen und Schüler die Rückmeldungen auf einem Rückmeldebogen zurück. Nach einer kurzen Reflexion planen die Schülerinnen und Schüler ein Experiment bezüglich einer weiteren Hypothese. Die Schülerinnen und Schüler planen Experimente zu den Inhalten ‚Eigenschaften von Metallen', ‚Oxidation und Reduktion von Metallen' sowie ‚Redoxreaktion von Metalloxiden und unedlen Metallen'.
Den Schülerinnen und Schülern der Experimentalgruppe werden auf dem individuellen Rückmeldebogen das Lernziel, der Lernstand sowie Verbesserungsmöglichkeiten zur Erreichung des Lernziels aufgezeigt. Den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe werden auf dem individuellen Rückmeldebogen nur das Lernziel und der Lernstand aufgezeigt. Den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe wird lediglich das Lernziel aufgezeigt. Jede der drei Interventionsgruppen soll N = 100 Schülerinnen und Schüler umfassen.

Tab. 2 Form der Rückmeldung in den Interventionsgruppen

Gruppe	Experimentalgruppe	Vergleichsgruppe	Kontrollgruppe
Form der Rückmeldung	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand - Verbesserungs-möglichkeiten	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand	Aufzeigen vom - Lernziel

Die Lernwirksamkeit der Rückmeldungsformen wird anhand eines Prä-Post-FollowUp-Designs untersucht. Die prozessbezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler werden mit adaptierten und pilotierten NAW-Tests (vgl. Klos, 2009) erhoben. Als Kontrollvariablen werden die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), das konzeptbezogene Wissen zum Thema Metalle, das Interesse am Fach Chemie, die Motivation und das Selbstkonzept (Fechner, 2009) sowie die wahrgenommene Kompetenzunterstützung (Rakoczy, Buff & Lipowsky, 2005) erhoben. Die Interventionsstudie wird im November 2014 an Gymnasien in Schleswig-Holstein durchgeführt.

Ziel des Promotionsvorhabens ist es, einerseits eine Methode formativen Assessments zu entwickeln und andererseits die Lernwirksamkeit formativen Assessments im Hinblick auf die prozessbezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler durch eine Interventionsstudie mit kontrollierten Bedingungen zu untersuchen Die entwickelten Materialien können in den Chemieunterricht flexibel implementiert werden und somit von Lehrkräften zur Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler genutzt werden.

Literatur

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 5 (1), 7-75.

Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos.

Hammann, M., Phan, Thi T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59 (2), 292-299.

Harks, B., Rakoczya, K., Hattie, J., Besser, M., & Klieme, E. (2013). The effects of feedback on achievement, interest and selfevaluation: the role of feedback's perceived usefulness. Educational Psychology: An international Journal of Experimental Educational Psychology, 33 (1), 1-22.

Harlen, W. (2007). Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. Review of educational research, 77 (1), 81-112.

Heller, K. A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe.

Kingston,N. & Nash, B. (2011). Formative Assessment: A meta-analysis and a call for research. Educational Measurement: Issues and Practice, 30 (4), 28-37.

Klos, S. (2009). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Berlin: Logos.

Kluger, A. N., & DeNisi, A. (1996). The effects of Feedback Interventions on Performance: A historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. Psychological Bulletin, 119 (2), 254-284.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Rakoczy, K., Buff, A. & Lipowsky, F. (2005). Befragungsinstrumente. Teil 1. In E. Klieme; C. Pauli; K. Reusser (Hrsg.). Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". In: Materialien zur Bildungsforschung. Band 13. Frankfurt am Main: Deutsches Institut für internationale pädagogische Forschung.

Shute, V.J. (2008). Focus on formative feedback. Review of educational research, 78 (1), 153-189.

Wahser, I., Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; 14, 219-241.

Wollenschläger, M., Möller, J., & Harms, U. (2011). Effekte kompetenzieller Rückmeldung beim wissenschaftlichen Denken. Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 25 (3), 197-202.

Claus Bolte, Michael Albertus, Nina Bertels, Manja Erb, Marlies Gauckler, Vincent Schneider, Theresa Schulte, Sabine Streller

Freie Universität Berlin

Blick zurück nach vorn: PROFILES @ FU Berlin

Einleitung

PROFILES ist das Acronym für "Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science" und eines der im 7. Förderprogramm der EU unterstützten Projekte, die sich um die Verbesserung der Praxis naturwissenschaftlicher Bildung bemühen. Im PROFILES Konsortium sind 22 Institutionen aus 21 verschiedenen Ländern der Europäischen Gemeinschaft und aus Ländern der sog. EU-assoziierten Nationen vertreten (www.profiles-project.eu; siehe auch Beiträge der PROFILES Partner auf den GDCP Jahrestagungen 2011 und 2012). Mit dem folgenden Beitrag möchten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PROFILES Teams an der Freien Universität Berlin interessierten Kolleg(inn)en einen Einblick in ihre Projektarbeiten eröffnen. Unser Beitrag wird im Wesentlichen auf die sechs 'operativen' Arbeitsgebiete (work packages) des PROFILES Projekts fokussieren.[1]

Blick zurück

Am 1. Dezember 2010 fiel der Startschuss für das PROFILES Projekt in Berlin (PROFILES, 2010/2014; Bolte et al., 2012). Das PROFILES Projekt hat eine Laufzeit von vier Jahren. Grundsätzlich können die Ziele des PROFILES Projekts und des Konsortiums wie folgt zusammengefasst werden:

Ziel des PROFILES Projekts ist es, bildungswirksamen und auf "Inquiry" basierenden naturwissenschaftlichen Unterricht [*IBSE*] zu etablieren. Dazu werden Kooperationsnetzwerke eingerichtet, in denen Kolleg(inn)en aus unterschiedlichen Bildungsbereichen zusammenkommen, um sich gegenseitig in ihren Bemühungen um eine zeitgemäße und pädagogisch wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung zu ergänzen und zu unterstützen.

Im Rahmen der beiden *Internationalen PROFILES Konferenzen* im September 2012 (siehe Bolte, Holbrook, & Rauch, 2012) und im August 2014 (siehe Bolte & Rauch, 2014) wurden bereits Erfahrungen mit und Ergebnisse aus dem Projekt mit interessierten Kolleg(inn)en ausgetauscht und diskutiert. Zu beiden Konferenzen wurden jeweils ein "*Book of Invited Presentations*" verfasst und publiziert (s.o.); sie stehen auf der PROFILES Homepage (www.profiles-project.eu) zum kostenlosen Download zur Verfügung. Darüber hinaus wurden im Rahmen des PROFILES Projekts *Fallstudien und Erfahrungsberichte* erarbeitet und publiziert (Bolte, Holbrook, Mamlok-Naaman, & Rauch, 2014), die interessante Einblicke in die Arbeit der Konsortialpartner anbieten. Auch dieses Buch kann von der PROFILES Website kostenlos bezogen werden.

PROFILES bietet den Netzwerkpartnern [siehe *WP8: Dissemination and Networking*] verschiedene Unterstützungsangebote an; zu nennen sind z. B. die verschiedenen curricularen Reflektionsrahmen [siehe *WP3: Stakeholder Involvement*] oder innovative Unterrichtsmaterialien [siehe *WP4: Learning Environments*]). Die Angebote und ergriffenen Maßnahmen sollen im Zuge langfristig ausgerichteter Lehrer/-innen-Aus- und -

[1] Die "operativen" Work packages im PROFILES Projekt lauten: WP3: "Stakeholder Involvement and Interaction", WP4: "Learning Environments", WP5: "Teacher Training/Teachers Contiunous Professional Development", WP6: "Teacher Ownership", WP7: "Students Gains Evaluation" sowie WP8: "Dissemination and Networking". WP1: "Management and Evaluation" und WP2: Cooperation and Support" haben eher administrativen Charakter.

Fortbildungsprogramme der Professionalisierung der Teilnehmer/-innen dienen [siehe *WP5: Teacher Training*]. Ziel ist letztlich, dass die am PROFILES Projekt teilnehmenden Lehrer/-innen zusehends Verantwortung übernehmen, innovative Unterrichtsansätze umzusetzen [siehe *WP6: Teacher Ownership*], um bei ihren Schüler(inne)n naturwissenschaftsbezogene Bildungsprozesse nachhaltig auszulösen [siehe *WP7: Students Gains*].

Überblick über die 'operativen' Arbeitsschwerpunkte (Work packages)

Im Rahmen von **WP3 (Stakeholder Involvement)** hat das PROFILES Konsortium auf unterschiedliche Weise Anstrengungen unternommen, verschiedene Akteure zusammenzubringen, die mit naturwissenschaftlicher Bildung befasst sind (z. B. Schüler/-innen, Lehrer/-innen, Fachdidaktiker/-innen, Naturwissenschaftler/-innen etc.), um sie in die Projektarbeit aktiv einzubinden; z. B. durch lokale, regional oder nationale Netzwerk-Treffen, durch die Internationalen PROFILES Konferenzen 2012 und 2014 (s. o.) und vor allem durch die "PROFILES (Inter)National Curricular Delphi Study on Science Education" (Schulte & Bolte, 2012; Gauckler, Schulte & Bolte, 2014; Gauckler & Bolte in diesem Tagungsband). Diese Studie wurde maßgeblich vom FUB-Team konzipiert und koordiniert (Schulte & Bolte, 2012; Gauckler & Bolte in diesem Tagungsband). Die curricularen Delphi Studien eröffnen zahlreiche – empirisch gesicherte – Anlässe, um mit den verschiedenen Interessensvertretern über Aufgaben und Ziele, Desiderate und Erreichtes in der naturwissenschaftlichen Bildungspraxis zu reflektieren.

Im **WP4 (Learning Environments)** wurden in Anlehnung an das PARSEL Projekt (www.parsel.eu) innovative Lernmaterialien (PROFILES Module) für Unterricht und Lehrer/-innen-Bildung adaptiert oder eigens entwickelt (siehe www.profiles-project.eu). Mit Blick auf die Arbeiten des PROFILES Team an der FU Berlin sind hier u. a. die Materialien zur Einbindung naturwissenschaftsbezogener Berufsorientierung von Albertus (in Arbeit) oder die 'märchenhaften Unterrichtsbeispiele' für naturwissenschaftlichen Unterricht (Erb & Streller, 2014) zu nennen.

Zentraler Auftrag im PROFILES Projekt ist die Planung und Durchführung von langfristig ausgerichteten Aus- und Fortbildungsangeboten (**WP5: Teacher Training**) für Lehramtsstudierende und für bereits berufstätige Lehrer/-innen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Anregungen und Modelle, wie solche Aus- und Fortbildungsprogramme erfolgversprechend konzipiert und realisiert werden können, liegen vor (Streller & Bolte, 2013; Streller, 2013; Bolte & Schneider, 2014; Streller & Bolte, 2014).

Im Arbeitsfeld **WP6 (Teacher Ownership)** geht es darum, Lehrer/-innen zu überzeugen, ihren Unterricht evidenzbasiert (also auf Erkenntnissen aus (fach-)didaktischer und/oder pädagogischer Forschung basierend) zu reflektieren und darum, eigene Unterrichtserfahrungen mit Kolleginnen und Kollegen zu teilen, um erfolgsträchtige Ansätze gemeinsam weiterzuentwickeln. Beispiele gelungener Aus- und Fortbildungspraxis sind u. a. im PROFILES Buch Nr. 2 (Bolte, Holbrook, Mamlok-Naaman, & Rauch, 2014), bei Streller (2014) oder Schneider und Bolte (2014) zu finden.

Alle PROFILES Bemühungen zielen letztendlich darauf ab, Schüler/-innen zu motivieren, sich mit Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Sachverhalten eigeninitiiert und möglichst nachhaltig zu beschäftigen. Inwieweit dies auf 'PROFILES-Weise' in Berlin (und an anderen Standorten) gelungen ist, zeigen die Ergebnisse der "**Students Gains Evaluation**" (**WP7**); u. a. von Bolte und Streller (2011), Streller und Bolte (2013), Schneider und Bolte (2014) oder Albertus (in Arbeit).

Die **Dissemination** (**WP8**) der Projektergebnisse wird von der Universität Klagenfurt in Kooperation mit dem FUB-Team koordiniert. Neben verschiedenen Netzwerkaktivitäten sind hier vor allem die zahlreichen Publikationen aller Konsortialpartner zu nennen und zu

würdigen[2]. Neben den drei PROFILES Büchern (s. o.) wurden bislang zwei PROFILES Themenhefte in Englisch publiziert. Auch in deutscher Sprache sind Einblicke in die PROFILES Projekt-Aktivitäten zu erhalten; neben den bereits erwähnten PROFILES Beiträgen in den zurückliegenden GDCP-Tagungsbänden (2012; 2013) sei hier auf das aktuelle MNU-Journal (2014, Jg. 67, Nr. 06) hingewiesen.

Blick nach vorn

Gegenwärtig sieht das PROFILES Konsortium dem nahenden Projektende entgegen. Dem Team an der FU Berlin wie auch den anderen Konsortialpartner verbleiben noch knapp drei Monate, um ihre erfolgreich initiierten Arbeiten so voranzubringen und zu verstetigen, dass sie auch über die Projektlaufzeit hinaus möglichst nachhaltig wirken. Da das 7. Förderprogramm der Europäischen Kommission nunmehr ausläuft und sowohl der Förderschwerpunkt als auch das Fördervolumen der neuen EU Kampagne „Horizon 2020“ deutlich verändert wurden, bleibt abzuwarten, ob bzw. in welcher Weise das PROFILES Projekt fortgesetzt werden kann und wird. Sicher ist jedoch, dass an vielen PROFILES Standorten viele der ergriffenen Maßnahmen auch ohne Unterstützung der EU fortgeführt werden. Die kontinuierliche Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer ist u. E. eine zentrale gesellschaftliche und bildungspolitisch relevante Aufgabe, die auch in Zukunft großer und weiterer Anstrengungen bedarf; denn der Weg zu einer naturwissenschaftlich wohl gebildeten Gesellschaft ist lang und gegenwärtig noch über weite Strecken recht unwegsam und beschwerlich. So gesehen hat das PROFILES Konsortium ein kleines Stück des Weges ebnen können und aufzeigen können, wie Lehrer/-innen-Bildung optimiert und ein Beitrag zur allgemeinen naturwissenschaftlichen Bildung möglichst vieler gewährleistet werden kann.

Literatur[2]

Bolte, C. (2014). Naturwissenschaftliche Bildung im Spiegel des PROFILES Projekts. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67, 6, 324-328.

Bolte, C., & Rauch, F. (2014; eds). Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' Continuous Professional Development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission. Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., Holbrook, J., Mamlok Naaman, R., & Rauch, F. (2014; eds.). Science Education and Teachers Continuous Professional Development in Europe: Case Studies from the PROFILES Project. Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., Holbrook, J., & Rauch, F. (2012; eds.). Inquiry-based Science Education in Europe: First Examples and Reflections from the PROFILES Project. University of Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., S. Streller, M. Rannikmae, J. Holbrook, A. Hofstein, R. Mamlok Naaman, F. Rauch (2012). PROFILES Projekt erfolgreich gestartet. S. Bernholt (Hg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Münster: Lit-Verlag. S. 589-591.

Schneider, V., Bolte, C. (2013). Stages of Concerns angehender Chemielehrer/innen hinsichtlich IBSE Unterricht. S. Bernholt (Hg.): Inquiry-based learning - Forschendes Lernen. Zur Didaktik der Physik und Chemie. http://www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/145-tagungsbaende/2013/4220-band33. Stand und Zugriff: 06.03.2013 – 19:00 Uhr.

Streller, S. (2013). PROFILES in der Lehramtsausbildung. In: S. Bernholt (Hg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. http://www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/145-tagungsbaende/2013/4220-band33. Stand und Zugriff: 06.03.2013 – 19:00 Uhr..

Erb, M., Streller, S. (Hg.; 2014). Es wa(h)r einmal… Naturwissenschaften im Märchen. Münster: Schüling-Verlag.

Streller, S. (2014). Seifenblasen – vergängliche Schönheit. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 67, 6, 345-349.

[2] Eine Liste der aus dem PROFILES Projekt hervorgegangenen Publikationen ist auf der PROFILES Homepage (www.profiles-project.eu) zu finden.

Martina Strübe[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Oliver Tepner[2] [2]Universität Regensburg
Elke Sumfleth[1]

Lehrerprofessions- und Schülerwissen über Modelle und Experimente

Theoretischer Hintergrund

Die hier vorgestellte Studie ist Teil der ProwiN-Videostudie Chemie und legt ihren Schwerpunkt auf den Umgang mit Modellen und Experimenten im Chemieunterricht sowie dem Lehrerprofessions- und Schülerwissen zu diesen beiden Bereichen.
Die Forschung zum Professionswissen hat in den letzten Jahren besonders in den Bereichen Mathematik und Physik zugenommen. Derzeit werden vor allem das fachdidaktische und pädagogische Wissen sowie das Fachwissen untersucht.
Das Fachwissen einer Lehrkraft bezieht sich auf die Inhalte des Faches selbst (Kleickmann et al., 2013; Riese & Reinhold, 2009). Unter dem fachdidaktischen Wissen versteht man das Wissen, die Inhalte sowie Denk- und Arbeitsweisen des Faches für die Lernenden so zu strukturieren, zu präsentieren, zu vernetzen und zu erklären, dass es für diese verständlich ist (Schmelzing et al., 2010; Krauss et al., 2008; Shulman, 1986). Hierbei spielt vor allem im Fach Chemie die Verwendung von Modellen und Experimenten als Repräsentationsformen zur Vernetzung und Präsentation von Inhalten eine große Rolle. Besonders Experimente dienen im Chemieunterricht der Erkenntnisgewinnung und der Erschließung von Inhalten und sind daher eine präsente Arbeitsweise. Studien zeigen, dass das Entwickeln, Testen und Überarbeiten von Modellen durch die Schüler und Schülerinnen sowie die Diskussion über die Grenzen und den Nutzen von Modellen sich positiv auf das Lernen auswirken (vgl. u. a. Maia & Justi, 2009; Gilbert, 2004; Grosslight et al., 1991).

Ziele der Arbeit

Ein Ziel der Arbeit ist es, den Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von gymnasialen Chemielehrkräften in Bezug auf den Umgang mit Modellen/Experimenten und den Schülerleistungen zu untersuchen. Des Weiteren wird untersucht, inwiefern ein Zusammenhang zwischen der Qualität des Einsatzes von Modellen und Experimenten im Chemieunterricht und dem Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen besteht.

Studiendesign und Methoden

Um den Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Lehrerprofessionswissen, dem Lehrerhandeln und dem Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen zu untersuchen, werden in den Schuljahren 2013/2014 und 2014/2015 in nordrheinwestfälischen Gymnasien Chemielehrkräfte mit ihren achten Klassen gefilmt und mit Fragebögen befragt. In einem Prä-Posttest-Design erhalten die Schüler und Schülerinnen vor Beginn der Unterrichtseinheit zum Atombau und Periodensystem u. a. Fragebögen zum theoretischen Wissen über den Experimentierprozess (Strukturierungstest) (Koenen, 2014) und zum Fachwissen (enthält auch Modellaufgaben). Die Chemielehrkraft erhält einen chemiespezifischen Professionswissensfragebogen zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen (Dollny, 2011) und einen Fragebogen zum pädagogischen Wissen. Zwei aufeinander folgende Chemiestunden werden aus der obengenannten Unterrichtseinheit gefilmt. Die Themen und Inhalte können die Lehrkräfte im Rahmen dieser Unterrichtreihe frei wählen. Ein Experiment und/oder Modell soll ebenfalls in den beiden Stunden vorkommen. Am Ende der Unterrichtseinheit erhält die Lehrkraft einen Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen über

Modelle und Experimente (FEMo) und einen Fragebogen zu den fachspezifischen Einstellungen.
Die gefilmten Stunden werden im Hinblick auf die Qualität des Einsatzes von Experimenten und Modellen mithilfe von Kodiermanualen untersucht.

Erste Ergebnisse
Derzeit liegen die vollständigen Datensätze von N = 13 Chemielehrkräften und ihren Klassen (N = 17) vor. Vier Lehrkräfte nahmen mit zwei Parallelklassen an der Studie teil.
Der Strukturierungstest weist sowohl im Prä- (α = .84, n_{Items} = 35, n_{SuS} = 310) als auch im Posttest (α = .86, n_{Items} = 35, n_{SuS} = 307) eine hohe Reliabilität auf. Im Vergleich dazu weist der Fachwissenstest nur für den Posttestzeitpunkt eine zufriedenstellende Reliabilität von α = .72 (n_{Items} = 30, n_{SuS} = 325) auf. Die Reliabilität zum Prätestzeitpunkt ist, wie zu erwarten, sehr gering (α = .38, n_{Items} = 30, n_{SuS} = 345), da die Schüler und Schülerinnen hier weitgehend raten müssen.
Basierend auf den Daten von n = 386 Schülern und Schülerinnen ($n_{\text{männlich}}$ = 160, n_{weiblich} = 225, M_{Alter} = 13.29) wurden die folgenden Ergebnisse der Schülerfragebögen zum Fachwissen und Strukturierungstest berechnet. Im Mittel lernen die Schüler und Schülerinnen sowohl im Fachwissen als auch im Wissen über den Experimentierprozess dazu. Der t-Test für abhängige Stichproben zeigt für beide Tests signifikante Unterschiede zwischen dem Prä- und Posttest (p<.001). Für den Strukturierungstest ergibt sich jedoch nur eine kleine Effektstärke nach Cohen von d = .477 (t(385) = -11.89; p < .001), während die Effektstärke für den Fachwissenstest sehr hoch ist (t(385) = -25.29; p < .001; d = 1.41).

Tab. 1: Schülerwissen über den Experimentierprozess, den Atombau, das PSE und Modelle

	M	*MD*	*SD*	*Min*	*Max*
Prätest Exp	23.26	24.00	6.32	4	35
Posttest Exp	26.22	28.00	6.08	6	35
Lernzuwachs Exp	2.96	2.00	4.90	-13	19
Prätest FW	10.86	11.00	3.14	3	23
Posttest FW	16.34	17.00	4.51	4	27
Lernzuwachs FW	5.48	6.00	4.26	-6	17

M = Mittelwert, MD = Median, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

Bereits im Vortest des Strukturierungstests schneiden die Schüler und Schülerinnen mit 23.26 Punkten von insgesamt 35 Punkten mittelmäßig bis gut ab. Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich auch für den Nachtest (vgl. Tab. 1). Im Gegensatz dazu erreichen die Schüler und Schülerinnen im Fachwissenstest im Mittel gerade mal ein Drittel der erreichbaren Punkte. Im Nachtest zeigt sich jedoch deutlich, dass die Schüler und Schülerinnen im Mittel 16.38 Punkte von maximal 30 Punkten und somit die Hälfte der Punkte erreichen (vgl. Tab. 1).
Die Lehrkräfte schneiden im Fachwissenstest im Mittel gut ab (maximal erreichbare Punktzahl ist 29, vgl. Tab. 2). Im Vergleich dazu erreichen sie im fachdidaktischen Test (PCK) durchschnittlich 21.69 Punkte von 36. Während die Lehrkräfte im fachdidaktischen Wissen noch knapp zwei Drittel der Punkte erreichen, erzielen sie im fachdidaktischen Test über Experimente nur noch knapp die Hälfte der Punkte (M = 11.92 von maximal 20 Punkten). Die Reliabilität der drei Tests ist mit α = .87 für den fachdidaktischen Test, α = .71 für den Fachwissenstest und α =.85 für die Experimentaufgaben des FEMos vor dem Hintergrund der kleinen geringen Stichprobengröße als gut einzuschätzen.

Tab. 2: Fachwissen und fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte

	M	*MD*	*SD*	*Min*	*Max*
CK	24.08	25.00	3.15	19.00	29.00
PCK	21.69	23.00	7.04	10.00	32.00
FEMo	11.92	13.25	4.44	3.00	16.25

M = Mittelwert, MD = Median, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, CK = Fachwissen (n_{Items} = 29), PCK = Fachdidaktisches Wissen ($n_{Relationen}$ = 36), FEMo = fachdidaktisches Wissen über Experimente ($n_{Reletionen}$ = 20)

Diskussion und Ausblick

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die nordrheinwestfälischen Schüler und Schülerinnen zum Thema Atombau und Periodensystem inhaltlich und in Bezug auf Modelle signifikant dazulernen. Bereits in der achten Klasse verfügen die Schüler und Schülerinnen über ein hohes theoretisches Wissen über den Experimentierprozess und lernen in der Unterrichtseinheit signifikant dazu.

Im Gegensatz dazu besitzen die Chemielehrkräfte nur ein mittelmäßiges bis schlechtes fachdidaktisches Wissen über Experimente und den Experimentierprozess. Inwiefern hier ein Zusammenhang zwischen dem Schülerwissen über Experimente und dem Lehrerwissen besteht, ist noch zu prüfen. Erfreulich ist, dass die Lehrkräfte ein hohes Fachwissen aufweisen. Die Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte und dem Wissen der Schüler und Schülerinnen müssen noch untersucht werden.

Neben diesen Analysen ist geplant, die Stichprobe weiter zu erhöhen und die gefilmten Unterrichtsstunden mithilfe von Kodiermanualen zu analysieren, um Aussagen zu einem vermuteten Zusammenhang zwischen der Qualität des Umgangs mit Modellen und Experimenten durch die Lehrkraft und dem Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen machen zu können.

Literatur

Dollny, S. (2011). Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften. Berlin: Logos Verlag

Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to more authentic science education. International Journal of Science and Mathematics Education. 2. 115-130

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. (1991). Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. Journal of Research in Science Teaching, 9, 799-822

Kleickmann, T., Richter, D. Kunter, M., Elsner, J., besser, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge. The Role of Structural Differences in Teacher Education. Journal of Teacher Education, 64 (1) 90-106

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

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., & Kunter, M. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. Journal für Mathematik-Didaktik, 29 (3/4), 223-258

Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. International Journal of Science Education, 31, 603-630

Riese, J. & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. In: Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 2 (1), S. 104-125

Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. (2010). Fachdidaktisches Wissen und Reflektieren im Querschnitt der Biologielehrerbildung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 189-207.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Volker Kemmerer Goethe-Universität Frankfurt
Fadime Karaböcek

Warum experimentieren Physiklehrkräfte? Pilotierung eines Fragebogens

Einleitung

Der Einsatz von Experimenten im alltäglichen Physikunterricht durch Lehrerinnen und Lehrer hängt von vielen unterschiedlichen Bedingungen ab. Für das Forschungsprojekt „Einsatz von Experimenten im Physikunterricht“ (Karaböcek & Erb, 2013) ist interessant, welche Faktoren den Einsatz von Experimenten durch die Lehrkräfte begünstigen oder erschweren. Solche Faktoren können individueller Natur sein, wie beispielsweise die Einstellungen zum Einsatz von Experimenten im Unterricht oder die experimentelle Kompetenzerwartung der Lehrperson. Sicher spielen aber auch strukturelle Faktoren, bei der Entscheidung Experimente in den Unterricht einzusetzen, eine Rolle.

Die nähere Betrachtung dieser Fragestellung geschieht in Anlehnung an die „Theorie des geplanten Verhaltens“ von Icek Ajzen (Fishbein & Ajzen, 2010). Dabei wird davon ausgegangen, dass aus der Absicht, ein Verhalten durchzuführen, die spätere Handlung vorausgesagt werden kann. Hierbei sind die Konstrukte „Einstellungen“, „Subjektive Norm“ und „Wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ Prädiktoren für diese Absicht. Entsprechend soll für das Projekt der tatsächliche Einsatz von Experimenten im Physikunterricht über die Absicht, dies zu tun, vorausgesagt werden.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung mit der Themenstellung „Einflussfaktoren auf den Einsatz von Experimenten im Physikunterricht – Entwicklung und Pilotierung eines Fragebogens für Lehrkräfte.“ wird ein Instrument entwickelt und pilotiert, welches die Absicht der Lehrerinnen und Lehrer, Experimente in den Unterricht zu integrieren, erhebt.

Dieser Artikel stellt die „Theorie des geplanten Verhaltens“ von Icek Ajzen, das Studiendesign und die angewandte Methodik dar. Anschließend wird anhand einiger Auszüge aus dem entwickelten Fragebogen für Lehrkräfte das Studiendesign beispielhaft skizziert.

Theorie des geplanten Verhaltens

Nach dem Modell der Theorie des geplanten Verhaltens von Icek Ajzen beeinflusst die Einstellung gegenüber einem Verhalten nicht direkt dieses Verhalten, sondern wirkt auf die Intention bzw. Verhaltensabsicht. Die Intention wird als bewusste Absicht einer Person gekennzeichnet, ein bestimmtes Verhalten ausführen zu wollen. Demnach ist die Intention ein wichtiger Prädikator für die Ausführung einer bestimmten Handlung und kann ein Verhalten voraussagen. Voraussetzung ist, dass das Verhalten zu einer klar definierten Zeit durchgeführt wird. Die Verhaltensabsicht wird von drei weiteren Konstrukten des sogenannten Kernmodells (1. Theorieebene, rechter Block in Abbildung 1), die sich gegenseitig bedingen, beeinflusst. Im Einzelnen sind dies die Einstellungen gegenüber dem Experimentieren im Unterricht, die erwartete Interpretation des eigenen Experimentierens im Unterricht von Außenstehenden (Subjektive Norm) und die Selbsteinschätzung zum eigenen Experimentieren im Unterricht (Wahrgenommene Verhaltenskontrolle).

Diese drei Konstrukte können im Rahmen des Modells maßgeblich über die Komponenten der Überzeugungen bestimmt werden. Die Autoren ordnen die Überzeugungen als eine 2. Theorieebene in das Modell ein (mittlerer Block in Abbildung 1).

- Verhaltensüberzeugungen → Einstellungen
- Normative Überzeugungen → Subjektive Norm
- Kontrollüberzeugungen → Wahrgenommene Verhaltenskontrolle

Die einzelnen Überzeugungen aus der 2. Theorieebene werden aus je zwei Teilen gebildet, die die Ausprägung der Komponenten der 1. Theorieebene erklären. In Abbildung 1 wird dies durch ein „X“ gekennzeichnet. Demnach werden die Einstellungen von der Zutreffenswahrscheinlichkeit der Verhaltensüberzeugungen im Zusammenspiel mit der eigenen Bewertung dieser Verhaltensüberzeugung bestimmt. Die Subjektive Norm und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle lassen sich analog beschreiben. Zum Beispiel (Graf, 2007):

- Subjektive Norm: „*Die Personen, die mir wichtig sind, finden, dass ich jeden Tag joggen sollte*“
- Zutreffenswahrscheinlichkeit: „*Meine Eltern finden, dass ich jeden Tag joggen sollte.*“
- Motivation: „*Im Allgemeinen möchte ich das tun, von dem meine Eltern denken, das ich tun sollte.*“

In der unteren Grafik wurde die Theorie des geplanten Verhaltens auf das Forschungsprojekt „Einsatz von Experimenten im Physikunterricht“ übertragen. Diese dient als Grundlage zur Erstellung des Fragebogens für Lehrkräfte.

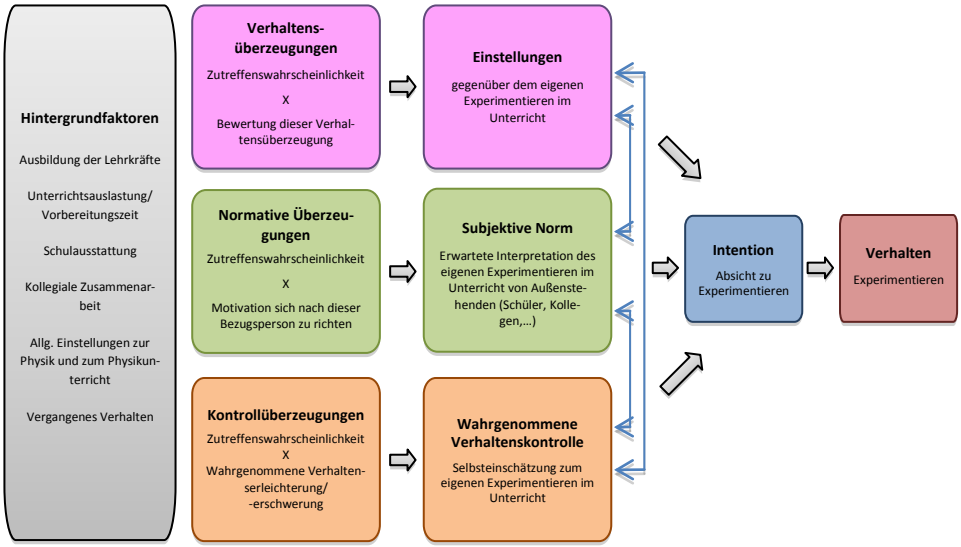


Abb. 1: Studiendesign anhand der Theorie des geplanten Verhaltens nach Ajzen.

Methodik

Die Konstruktion der einzelnen Items erfolgt nach Fishbein & Ajzen (2010) und Graf (2007), die detaillierte Hinweise zur Erstellung von Fragebögen nach der genannten Theorie geben. Es wird angeraten, in einer Voruntersuchung die „grundlegenden Überzeugungen“ zu erheben. Dieses sind Überzeugungen, an die eine Person bei einer Konfrontation mit einem Verhalten direkt denken muss. Sind die grundlegenden Überzeugungen bekannt, wird geraten, für jedes Konstrukt der Theorie drei bis sechs Items zu nutzen. Als Skala wird von den Autoren eine sieben-stufige Likert Skala als besonders geeignet angesehen.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit (Hombach, 2014) wurden die grundlegenden Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Einsatz von Experimenten im Unterricht erhoben. Bei der Konstruktion der einzelnen Items werden vor allem die Überzeugungen genutzt, die bei der Erhebung von Hombach von mindestens 25 % der befragten Physiklehrkräfte genannt wurden (z. B. Kollegen). Außerdem werden einige Überzeugungen, die von

weniger als 25 % der Befragten genannt wurden, in den Fragebogen aufgenommen, da sie wichtige Überzeugungsbereiche abdecken (z. B. Schülerinnen und Schüler).

Auszüge aus dem Fragebogen

Im Folgenden wird beispielhaft die Item-Konstruktion zu den normativen Überzeugungen dargestellt. Die Items bestehen aus einem Teil aus der Zutreffenswahrscheinlichkeit und zum anderen Teil aus der Motivation, sich nach einer bestimmten Bezugsperson zu richten. Zu Beginn eines jeden Items werden die Befragten mit dem Satz *„Denken Sie an Ihren Physikunterricht in den nächsten 6 Monaten."* auf einen zeitlich überschaubaren Rahmen hingewiesen.

Zur Zutreffenswahrscheinlichkeit der normativen Überzeugungen:

- Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass folgende Personen/Institutionen von Ihnen erwarten, dass Sie in jeder dritten Unterrichtsstunde oder häufiger experimentieren?

	sehr wahrscheinlich	überwiegend wahrscheinlich	eher wahrscheinlich	teils teils	eher unwahrscheinlich	überwiegend unwahrscheinlich	sehr unwahrscheinlich
Kollegen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schulleitung	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Schülerinnen und Schüler	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Eltern	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Zur Motivation sich nach einer Bezugsperson zu richten:

- Wenn es um das Experimentieren im Unterricht geht, möchten Sie sich im Allgemeinen an dem orientieren, was folgende Personen von Ihnen erwarten.

Zur Beantwortung dieses Items dient die gleiche tabellarische Vorlage wie bei der Frage zur Zutreffenswahrscheinlichkeit der normativen Überzeugungen. Die Likert-Skala beinhaltet nun die Werte „*stimme zu*", „*stimme überwiegend zu*", „*stimme eher zu*", „*teils teils*", „*stimme eher nicht zu*", „*stimme überwiegend nicht zu*" und „*stimme nicht zu*".

Ausblick

Ziel der Arbeit ist, ein Messinstrument zu entwickeln, welches das Experimentierverhalten bestimmen und vorhersagen kann. Mit dieser ersten Datenerhebung soll ermittelt werden, ob die Reliabilität des Fragenbogens gegeben ist, oder ob einige Items überdacht und neu konstruiert werden müssen.

Literatur

Ajzen, I. (2011): Constructing a theory of planned behavior questionaire. Brief description of the theorie of planned behavior.

Fishbein, M., Ajzen, I. (2010): Predicting and changing behavior: the reasoned action approach. 449-463.

Graf, D. (2007); Die Theorie des geplanten Verhaltens. Theorie in der biologiedidaktischen Forschung. 33-43.

Hombach, T. (2014): Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Einsatz von Experimenten. Wissenschaftliche Hausarbeit.

Karaböcek, F., Erb, R. (2013): Experimentieren im Physikunterricht: Welche Ziele verbinden Lehrkräfte mit dem Experimentieren?

Stephan Domschke MLU Halle-Wittenberg
Martin Lindner

Professionswissen von Nawi-Lehrkräften zur Hypothesenbildung

Experimente nehmen als wesentliches Merkmal naturwissenschaftlichen Arbeitens und der Erkenntnisgewinnung eine zentrale Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht ein (Tesch & Duit, 2004). Mit der Einführung der Bildungsstandards in Deutschland wurden für die drei Fächer Biologie, Chemie und Physik Kompetenzmodelle zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung entwickelt, die das Experimentieren dem Teilbereich Naturwissenschaftliche Untersuchungen bzw. *scientific inquiry* zuordnen und sich an den Denk- und Arbeitsweisen der universitären Naturwissenschaften orientieren (Wellnitz et al., 2012). An den Anfang des Experimentierens wird dabei das Formulieren von Fragestellungen und daraus abgeleiteten zu prüfenden Hypothesen gesetzt (Mayer & Ziemek, 2006, Chinn & Malhotra, 2002). Hammann (2004) bezeichnet dies als Teilkompetenz „Hypothesenbildung".

Hammann et al., 2007; Klahr, 2000; Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008	Chinn & Malhotra, 2002	Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005	Grube, 2011; Mayer, Grube & Möller, 2008
Hypothesenbildung und Hypothesener-weiterung	Forschungsfragen generieren	Fragen und Hypothesen aufstellen	Fragestellung formulieren
			Hypothesen generieren

Abb 1. Erste Schritte aus Modellen für naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse. Aus Wellnitz et al. (2012).

Auch die Bildungsstandards der drei naturwissenschaftlichen Fächer fordern explizit das Erkennen und Entwickeln von Fragestellungen sowie das Aufstellen und Prüfen von Hypothesen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005). Damit zeigt sich hier deskriptiv eine Übereinstimmung in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern, wodurch die Hypothesenbildung vielseitig aus den drei Fachrichtungen im Unterricht angesprochen werden sollte.

Die Schülerinnen und Schüler …
• wenden Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung an (Bio, E7). • erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind (Chem, E1). • planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen (Chem, E2). • stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf (Phy, E6).

Abb. 2. Standards, die dem Aufstellen von Fragenstellungen und Hypothesen zuzuordnen sind (nach KMK, 2005).

Aktuelle Studien (Hammann et al., 2006), Ländervergleiche (Pant et al., 2013) und Vergleichsarbeiten (LISA, 2014) zeigen aber ein Defizit unter Schüler/-innen beim Umgang mit Hypothesen. Ein Grund dafür kann das Professionswissen der Lehrkräfte zur Hypothesenbildung sein. Denn das Professionswissen bestimmt das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte und damit die Lernentwicklung von Schülern erheblich (Hattie, 2009, Baumert, 2010, Lipowsky, 2006). Aus diesen Vorbetrachtungen leitet sich die Forschungsfrage ab:

Inwiefern haben Lehrkräfte der Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik einheitliche oder unterschiedliche Kenntnisse und Vorstellungen über die Hypothesenbildung beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht?

Dabei ist zu klären:
Welche Kenntnisse haben Lehrkräfte der Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik über die Hypothesenbildung beim Experimentieren?
Sowie:
Welche Vorstellungen haben Lehrkräfte der Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik über die Hypothesenbildung beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht?

Methode
In einer explorativen Studie wird mithilfe halbstrukturierter problemzentrierter Interviews das professionelle Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften und deren Vorstellungen zum hypothesengeleiteten Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht qualitativ untersucht und analysiert. Leitfragen geben eine Orientierung für den Gesprächsverlauf, wobei freie Äußerungen aber ausdrücklich erwünscht sind und unterstützt werden. Die Erhebung mittels *paper-pencil* Tests oder standardisierter Interviews wurde bewusst abgelehnt, um die soziale Erwünschtheit, die durch das direkte Ansprechen des Forschungsgegenstandes gefördert wird (Bortz & Döring, 2006), zu vermindern und somit möglichst die subjektiven Theorien und tatsächliche Unterrichtspraxis der Interviewpartner zu erheben.

Stichprobe
Interviewt werden Lehrkräfte der Biologie, Chemie und Physik beider Sekundarstufen aus mehreren Bundesländern. Um eine ausreichende Wertschöpfung und Reliabilität zu gewährleisten, wird im Sinne des *theoretical sampling* darauf Wert gelegt, eine größtmögliche Streuung in der Anzahl der Dienstjahre und eine Dopplung von Typen zu erreichen (Patton, 1990). Die angestrebte Stichprobengröße ermittelt sich demnach aus der Kombination der Variablen Erfahrung, Schulform und Schulfächer mal zwei.
$N \geq (\text{Erfahrung}) \times (\text{Schulform}) \times (\text{Schulfächer}) \times 2$
$N \geq (3 \times 2 \times 3) \times 2$
$N \geq 36$
Die Interviewpartner werden nach dem Schneeballverfahren durch gezieltes Ansprechen von deutschlandweiten Kontakten und Kooperationsschulen sowie Aushängen an weiteren Schulen im mitteldeutschen Raum und Newslettern von Lehrerverbänden gewonnen.

Analyse
Die geführten Interviews werden digital aufgenommen und mithilfe des Programms F4 transkribiert. Die Transkripte werden dann mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) analysiert, wobei die Kategorienbildung nach Reinhoffer (2008) sowohl deduktiv als auch induktiv erfolgt. Die Codierung wird mithilfe von MAXQDA

durchgeführt. Der Codierleitfaden wird durch mehrere Rater zu zwei Zeitpunkten durchlaufen, um eine hohe Reliabilität zu erreichen.

Pilotierung

Die Erhebungs- und Auswertungsinstrumente in Form eines demographischen Fragebogens, des Interviewleitfadens, des Interviewprotokolls, der Anschreiben bzw. Aushänge und des Transkriptionsleitfadens sind selbstständig erstellt und argumentativ validiert worden. Die Pilotierung des Leitfadens und des Interviewsettings hat im Juli 2014 begonnen. Vier Interviews sind bisher geführt worden und werden derzeit transkribiert. Neben der positiv zu bewertenden Erprobung des Interviewsettings zeigte sich bisher, dass die Sondierungsfrage angepasst werden musste, um den Fokus stärker auf die Kenntnisse über das Experimentieren anstatt auf praktische Fertigkeiten zu lenken. Die Pilotierung wird im Oktober 2014 nach sechs Interviews beendet, sodass die Hauptstudie im laufenden Schuljahr 2014/2015 abgeschlossen werden kann.

Literatur

Baumert, J. (2010). Bildungsentscheidungen, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bortz, J. & Döring, N. (2009). Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen, Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.

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.

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU, 57(4), 196–203.

Hammann, M., Phan, Thi Thanh Hoi, Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. MNU, 59(5), 292–299.

Hattie, J. (2009). Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement, London, New York: Routledge.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. [(Jahrgangsstufe 10)] : Beschluss vom 16.12.2004, München, Neuwied: Luchterhand.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. [(Jahrgangsstufe 10)] : Beschluss vom 16.12.2004, München, Neuwied: Luchterhand.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004 ; [Jahrgangsstufe 10], München [u.a.]: Luchterhand.

Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In Terhart, E. & Allemann-Ghionda, C. (Hrsg.), Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf (S. 47–70). Weinheim: Beltz Verlag.

LISA - Landesinstitut für Schulqualität und Lehrerbildung Sachsen-Anhalt (Hrsg.) (2014). Vergleichsarbeiten in den naturwissenschaftlichen Fächern. Anliegen, Ergebnisse und Wirkungen, Halle (Saale).

Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. Unterricht Biologie, 30(317), 4–12.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

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

Patton, M.Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods (2nd ed.), Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Reinhoffer, B. (2008). Lehrkräfte geben Auskunft über ihren Unterricht. Ein systematisierender Vorschlag zur deduktiven und induktiven Kategorienbildung in der Unterrichtsforschung. In Mayring, P. & Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.), Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse (S. 123–141). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Tesch, M. & Diut, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51–69.

Wellnitz, N., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H.A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards - eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18.

Isabelle Kremer[1]
Hendrik Lohse-Bossenz[2]
Monika Zimmermann[1]

[1]Forscherstation, Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH
[2]PädQUIS gGmbH

Fortbildungsbegleitendes Coaching für Erzieherinnen – Konzeption, Wirkungen

Wie kann ein Fortbildungskonzept im Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung Erzieherinnen[3] nachhaltig unterstützen? In der Fortbildungsreihe „Mit Kindern die Welt entdecken“ der Forscherstation, Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung, erfahren Erzieherinnen, wie spannend der Umgang mit alltagsbezogenen Phänomenen der belebten und unbelebten Natur sein kann und erhalten zahlreiche Anregungen und Impulse für die elementarpädagogische Praxis. Die Implementierung von Impulsen aus der Fortbildung in persönliche Handlungsstrukturen stellt jedoch eine besondere Herausforderung dar. An dieser Stelle setzt das fortbildungsbegleitende Coaching an: Es greift individuelle Anliegen der Erzieherinnen auf und unterstützt sie durch die gezielte Reflexion eigener pädagogischer Verhaltensmuster beim Praxistransfer. Dabei ist der Coachingprozess darauf ausgerichtet, insbesondere die Reflexionskompetenz und das professionelle Selbstkonzept der Erzieherinnen zu stärken und ihnen somit eine selbstständige und stetige Verbesserung der eigenen pädagogischen Praxis zu ermöglichen (vgl. Zimmermann, 2011, S. 237). Dieser Beitrag stellt das Coachingkonzept zur Professionalisierung von Erzieherinnen im Bereich der frühen naturwissenschaftlichen Bildung vor und bietet Einblicke in ein Studiendesign zur Erfassung der Wirkung dieser Maßnahme.

Theoretische Grundlagen und Coachingverständnis

Das dargelegte Coachingkonzept (vgl. Zimmermann, 2011, S. 321ff.) bezieht neben der konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie vornehmlich die theoretischen Grundannahmen des personenzentrierten non-direktiven Ansatzes nach Rogers (1973) und der "positiven Psychologie" Seligmans (2005) ein. Das Coaching wird mit Erzieherinnen-Tandems durchgeführt, da diese Vorgehensweise die im Kindergarten gegebenen Arbeitsstrukturen aufgreift und erweiterte Denk- und Handlungsmöglichkeiten im Team ermöglicht (vgl. Kremer et al., im Druck). Beim Coachingprozess steht die Orientierung an den Ressourcen der Erzieherinnen im Vordergrund. Der Coach trägt dazu bei, das Vertrauen der Erzieherinnen in ihre eigenen Möglichkeiten zu stärken und unterstützt sie bei der Wahrnehmung, Aktivierung und Erweiterung eigener Ressourcen (vgl. Zimmermann & Welzel, 2007, S. 255). In diesem Sinne stellt Coaching ein Entwicklungsinstrument zur Kompetenzerweiterung und Professionalisierung dar und ist als systematische, individuelle und stärkenorientierte Begleitung bei beruflichen Anliegen im konkreten Handlungsfeld zu verstehen. Das Coachingkonzept beruht unter anderem auf der Grundannahme, dass die Erzieherinnen den Coachingmethoden und der Initiierung von Veränderungsprozessen nur dann offen gegenübertreten, wenn sie unbedingte Wertschätzung erfahren und sich in der Coaching-Situation angenommen fühlen. Daher ist der Aufbau einer positiven Beziehung zwischen Coach und Erzieherinnen als Fundament des Coachingprozesses anzusehen und die drei von Rogers (1973) geforderten Grundhaltungen eines Lernbegleiters – „Wertschätzung“, „Empathie“ und „Kongruenz“ – sind den gesamten Coachingprozess über handlungsleitend.

[3] Der in diesem Beitrag zum Zweck einer leichteren Lesbarkeit verwendete Begriff „Erzieherinnen“ bezieht sich sowohl auf weibliche als auch auf männliche pädagogische Fachkräfte im Elementarbereich.

Zeitlicher und inhaltlicher Ablauf des Coachings

Das aktuell im Rahmen des Verbundforschungsprojektes „Multiplikatorenprogramm Forscherstation“ angewandte Coachingkonzept ist zeitlich in zwei Coaching-Einheiten – jeweils bestehend aus zwei Terminen – strukturiert. Jede Coaching-Einheit bezieht sich dabei auf ein konkretes pädagogisches Angebot zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung, das von den Erzieherinnen selbst in ihrer eigenen Einrichtung durchgeführt wird (Abb. 1).

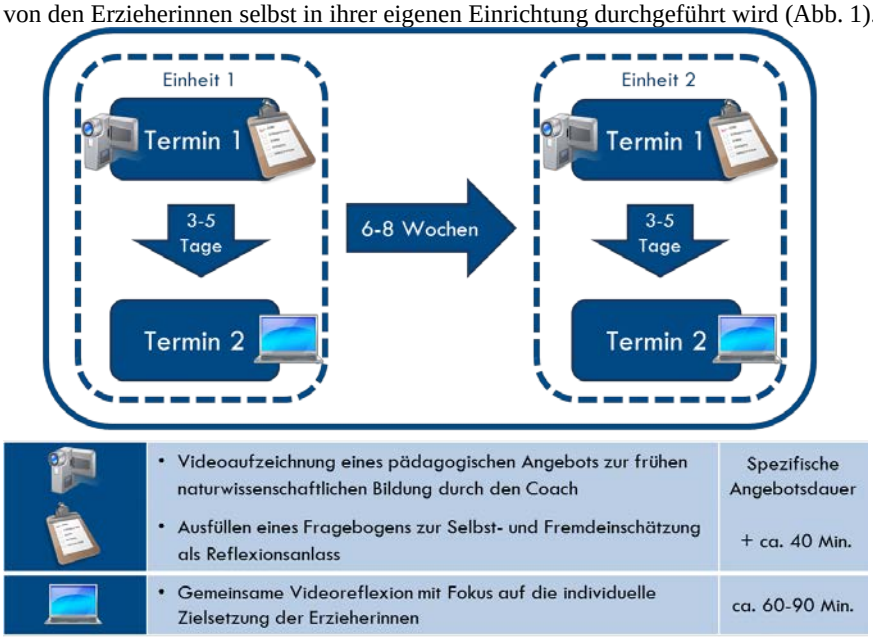


Abb. 1: Coachingverlauf – zeitlicher und inhaltlicher Überblick

Beim ersten Termin besucht der Coach die Erzieherinnen in der Kindertagesstätte und videografiert ein von ihnen durchgeführtes pädagogisches Angebot. Die darauf folgende Nachreflexion wird mithilfe eines Fragebogens eingeleitet, den die Erzieherinnen sowohl in Selbst- als auch in kollegialer Fremdeinschätzung ausfüllen. Noch am selben Termin findet ein leitfadengestütztes Gespräch statt, in dem die Erzieherinnen ihre Eindrücke zur Durchführung des Angebotes schildern und mit Unterstützung des Coaches eine persönliche Zielsetzung für das Coaching definieren und konkretisieren. Auf Basis der Fragebogen-Daten erstellt der Coach Diagramme zur jeweiligen Selbst- und Fremdeinschätzung der Erzieherinnen. Außerdem setzt er sich intensiv mit dem Videomaterial auseinander. Unter Berücksichtigung der Zielsetzung der Erzieherinnen identifiziert er aussagekräftige Sequenzen und bereitet Impulse für die gemeinsame Videoreflexion vor. Drei bis fünf Tage später trifft sich der Coach erneut mit den beiden Erzieherinnen. Mithilfe der vorbereiteten Diagramme initiiert er einen Austausch über die individuellen Selbst- und Fremdeinschätzungen der Erzieherinnen. Die anschließende gemeinsame Videoreflexion stellt das zentrale Element des zweiten Termins dar. In dieser Phase haben die Erzieherinnen die Gelegenheit, ausgewählte Sequenzen aus Umsetzungssituation mit Fokus auf ihre persönliche Zielsetzung mehrmals zu betrachten und auf Basis der Coachingimpulse gemeinsam zu diskutieren. Diese intensive Reflexionsarbeit ermöglicht den Erzieherinnen eine erweiterte Wahrnehmung naturwissenschaftlich orientierter Interaktionsprozesse sowie die Erschließung neuer Handlungsoptionen für die zukünftige Durchführung von pädagogischen Angeboten zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung.

Wirkungsforschung zum fortbildungsbegleitenden Coaching

Ergebnisse einer Vorstudie (Zimmermann, 2011) zeigen, dass Fortbildungsteilnehmende mit begleitendem Coaching gegenüber solchen ohne Coaching signifikant höhere Kompetenzzuwächse in Selbsteinschätzung verzeichnen können. Im Rahmen einer laufenden experimentellen Feldstudie findet daran anknüpfend die Untersuchung der Praxiswirkung des Coachings statt. Das von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH geförderte Verbundforschungsprojekt „Multiplikatorenprogramm Forscherstation“ wird von der Forscherstation gGmbH in Kooperation mit der PädQUIS gGmbH im Zeitraum von März 2013 bis Februar 2016 durchgeführt. Es widmet sich der Frage, ob das Fortbildungs- und Coachingprogramm „Mit Kindern die Welt entdecken“ bei den daran teilnehmenden Erzieherinnen zu Veränderungen ihrer pädagogischen Praxis führt. Zu diesem Zweck werden verschiedene Treatments – Fortbildung, Fortbildung mit Coaching und keine Fortbildung – u. a. auf der Ebene des praktischen Handelns systematisch verglichen. Das Forschungsdesign (Abb. 2) beinhaltet sowohl standardisierte Praxisbeobachtungen als auch den Einsatz unterschiedlicher Fragebögen zur Erfassung pädagogischer Qualität und professioneller Kompetenz von Erzieherinnen.

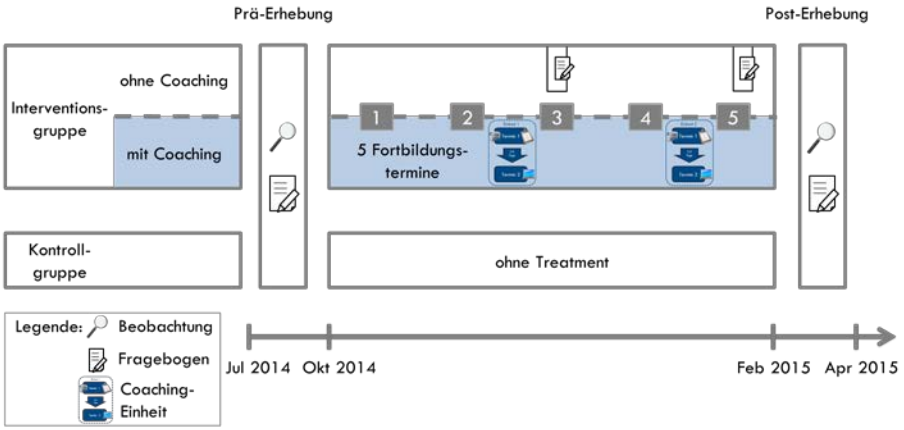


Abb. 2: Experimentelle Feldstudie mit Prä-Post-Design (N=134)

Die zentrale Forschungsfrage in Bezug auf das Coaching lautet: Inwiefern führt das fortbildungsbegleitende Coaching zu messbaren Effekten bzw. einem Mehrwert für die Erzieherinnen? Auf Basis der Forschungsergebnisse sollen der zusätzliche Nutzen des Coachings beurteilt und Schlüsse für die Weiterentwicklung des Coachingkonzepts gezogen werden.

Literatur

Kremer, I., Zimmermann, M., Engelhardt-Feil, S. & Feigenbutz, S. (im Druck). Ein Coachingkonzept verbindet Fortbildung und Praxis. KiTa aktuell BW. Heft 10.

Rogers, C. R. (1973). Die klient-bezogene Gesprächstherapie. München: Kindler.

Seligman, M. E. P., Rashid, T., & Peterson, C. (2005). Positive psychology progress. Empirical Validation of Interventions. American Psychologist, 60(5), 410-421.

Zimmermann, M. & Welzel, M. (2007). Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen im Rahmen eines Fortbildungs- und Coachingkonzeptes. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bern 2006 (Bd. 27, S. 254–256). Münster: LIT.

Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten: Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 128). Berlin: Logos.

Maja Brückmann Pädagogische Hochschule Zürich
Eva Kölbach
Susanne Metzger

Durch Weiterbildung zum kompetenzorientieren Nawi-Unterricht

Mit Einführung des Lehrplans 21 wird in der Deutschschweiz ein gemeinsamer Lehrplan gültig werden und der Unterricht auf die Erreichung von Kompetenzen ausgerichtet sein (D-EDK, 2013). Aus diesem Grund werden kontextbasierte, fachdidaktische Weiterbildungsangebote für den naturwissenschaftlichen Unterricht angeboten, die die Lehrpersonen unterstützen sollen, ihren Unterricht in Richtung Kompetenzorientierung weiterzuentwickeln.

Lehrpersonen besuchen Weiterbildungen aus verschiedenen Gründen. Hermann und Hertramph (2000) haben festgestellt, dass die Aneignung fachlicher Inhalte sowie der Kontakt und Austausch mit Kolleginnen und Kollegen meist als Hauptgründe für den Besuch einer Weiterbildung genannt werden. Das Entkommen aus der „Tretmühle Unterricht“ wird zwar ebenfalls als Grund genannt, allerdings spielt die emotionale Situation der Lehrpersonen eine ebenso entscheidende Rolle. In der Weiterbildung, die in den meisten Fällen von nur einer Lehrperson aus dem Kollegium besucht wird, kann offen über Probleme und Herausforderungen im eigenen Unterricht gesprochen und reflektiert werden (Messner & Reusser, 2000). Diese Offenheit und das Interesse der Lehrpersonen an den Inhalten der Weiterbildung begünstigen das Lernen und „Weiterbilden“ und können zu einer Erhöhung der Selbstwirksamkeit sowie als längerfristige Konsequenz zu einem veränderten Unterricht führen (Lipowsky, 2011).

Nach Messner und Reusser (2000) ist für handlungswirksames Lernen in Weiterbildungen entscheidend, dass Lehrpersonen situiert sowie kooperativ und weitgehend selbstgesteuert lernen können. Situiert bedeutet in diesem Fall, dass kontextgebunden auf das Lösen vorliegender Fragen und Probleme eingegangen werden muss.

Darüber hinaus weist Lipowsky (2011) darauf hin, dass die Anregung zu einer gezielten Beobachtung und Analyse der Lernprozesse und Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler ein entscheidendes Merkmal erfolgreicher Weiterbildungen ist. Die intensive Auseinandersetzung und das Nachdenken über das unterrichtliche Handeln und die Verbindung zwischen ihrem Handeln und dem Lernen der Jugendlichen fordern die Lehrpersonen und unterstützen ihre professionelle Entwicklung.

Eine Bewertung von Weiterbildungspotenzialen hängt auch stark mit den Einstellungen und Überzeugungen der Lehrpersonen zusammen (Lipowsky, 2001). Roth et al. (2011) konnten zeigen, dass sich eine fachliche und fachdidaktische Orientierung der Weiterbildungsangebote längerfristig positiv auf die Einstellungen und Überzeugungen auswirken (Roth et al., 2011).

Die hier vorgestellte Längsschnitts-Studie wird von den folgenden Fragen geleitet:

- Mit welchen Überzeugungen, Einstellungen und Erwartungen besuchen Lehrpersonen die naturwissenschaftlichen Weiterbildungen?
- Inwieweit unterscheiden sich Mittelstufenlehrpersonen von Sekundarstufenlehrpersonen hinsichtlich ihrer Überzeugungen und Einstellungen?
- Ausblickend soll ebenfalls der Frage nachgegangen werden, wie sich die untersuchten Überzeugungen, Einstellungen und Erwartungen während der Weiterbildung entwickeln. Da das Projekt Anfang 2015 endet, können zu dieser Frage aber noch keine Ergebnisse vorgestellt werden.

Die an der PH Zürich entwickelte und durchgeführte Weiterbildungsreihe „Naturwissenschaften be-greifen“ dauert insgesamt 3,5 Tage (verteilt auf vier Termine) und umfasst unterschiedliche Weiterbildungsangebote. Zu Beginn besuchen alle Lehrpersonen ein Grundlagenmodul (jeweils konzipiert für die Mittelstufe (4.-6.Klasse), und die Sekundarstufe I (7.-9. Klasse)). Dieses Modul führt in den neuen Lehrplan 21 und in die Idee des kompetenzorientierten Experimentierens nach HarmoS ein. Im Anschluss können die Lehrpersonen zwei aus fünf fachlichen Weiterbildungen auswählen. Die kontextorientierten Module sind auf 5 verschiedene Inhaltsbereiche ausgerichtet und beschäftigen sich inhaltlich mit themenspezifischen Schülervorstellungen, der Einbettung der angebotenen Experimente in den Unterricht und der Förderungen Kompetenzen mit Bezug zum neuen Lehrplan 21.
Die inhaltlichen und kontextorientierten Themenfelder der Weiterbildung sind:

- Wie gesund sind unsere Lebensmittel? (Ernährung und Inhaltsstoffe)
- Viel oder wenig? Amperemeter, Rechner & Co (Naturwissenschaftliche Größen)
- Energie belebt, bewegt, verändert (Energieumwandlungen)
- Der Schminkkoffer der alten Ägypter (Stoffeigenschaften und Stoffgemische)
- Ladungen im Labyrinth – Verzweigte Stromkreise (Elektrizitätslehre)

Diese Module werden jeweils für Mittel- und Sekundarstufenlehrpersonen getrennt angeboten. Im Anschluss der gewählten Präsenzmodule haben die Lehrpersonen die Aufgabe, ein oder mehrere Experimente, die im Präsenzmodul vorgestellt und selbst ausprobiert wurden, in ihren Unterricht einzubetten. Zudem wird von den Lehrpersonen verlangt, eine kurze schriftliche Reflexion vorzubereiten, die im Abschlussmodul mit den anderen teilnehmenden Kolleginnen und Kollegen diskutiert werden soll.

Die Lehrpersonen werden jeweils vor dem Grundlagenmodul (EHZ[1] 1), den selbstgewählten Präsenzmodulen (EHZ 2 und 4), nach der Erprobungsphase im eigenen Unterricht (EHZ 3 und 5) und nach dem Abschlussmodul (EHZ 6) mithilfe eines Onlinefragebogens mit Tokenzugang befragt. Durch einen persönlichen Code ist eine anonymisierte Befragung über alle Erhebungszeitpunkte sichergestellt. Tabelle 1 gibt einen Überblick, welche Erhebungsinstrumente eingesetzt wurden.

Tab.1 Eingesetzte Skalen im Rahmen der Erhebung

Variablen bzw. Skalen	**Quelle**	**EHZ**
Demografie, Berufserfahrung, SWISE-Lehrperson, Ausbildung	Eigenentwicklung	1
Erwartungen an die Weiterbildungsreihe	(Ernst, 2008)	1 & 6
Rolle der Lehrperson	(Schmich & Schreiner, 2010)	1 & 6
Rolle der Natur der Naturwissenschaften	(Urhahne, Kremer & Mayer, 2008)	1 & 6
Rolle der Schülervorstellungen	(Kleickmann, 2009; OECD, 2010)	1 & 6 allg. 2 -5 inhaltsspez.
Selbstwirksamkeit (als Lehrperson, zum Experimentieren, zum Umgang mit Schülervorstellungen)	(Schmitz & Schwarzer, 2000) (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012)	1 & 6 allg. 2 -5 inhaltsspez.
Fachinteresse Nawi	(Fechner, 2009)	1 & 6
Fähigkeitsselbstkonzept Nawi	(OECD, 2010)	1 & 6

Die vorläufigen Ergebnisse aus der Befragung vor dem Grundlagenmodul liegen bereits vor. Sie geben Aufschluss darüber, mit welchem Überzeugungen und Einstellungen die Lehrpersonen der Mittelstufe und der Sekundarstufe I die Weiterbildungen besuchen. 17 Mittelstufenlehrpersonen (Klassenstufen 4 bis 6; Berufserfahrung: 13,4 Jahre) und 25

[1] EHZ: Erhebungszeitpunkt

Sekundarstufenlehrpersonen (Klassenstufen 7 bis 9; Berufserfahrung: 13,7 Jahre) haben teilgenommen.

Tabelle 2 zeigt die Resultate des Mann-Whitney U-Test (aufgrund kleiner und nichtnormalverteilter Stichprobe) aller interessanten Skalen zwischen Mittelstufen- (MST) und Sekundarstufenlehrpersonen (SEK). Das Rollenverständnis und das Fähigkeitsselbstkonzept unterscheiden die beiden Lehrpersonengruppen signifikant. Es fällt zudem auf, dass die Selbstwirksamkeit in allen Facetten bei den Mittelstufenlehrpersonen niedriger ausfällt als bei den Sekundarstufenlehrpersonen.

Tab.2 Ergebnisse EHZ 1 mit $N_{MST}=17$ und $N_{SEK}=25$

Variablen	MST M *(SD)*	SEK M *(SD)*	Z	p
Fähigkeitsselbstkonzept NAWI (α = .85)	2.81 *(0.66)*	3.16 *(0.50)*	-1.647	.100*
Rolle der Schülervorstellungen (α = .71)	2.73 *(0.86)*	2.43 *(0.54)*	-1.587	.112
Konstruktivistische Lehrerrolle (α = .55)	3.51 *(0.31)*	3.22 *(0.37)*	-2.409	.016**
Transmissive Lehrerrolle (α = .67)	1.76 *(0.56)*	2.26 *(0.58)*	-2.506	.012**
Fachinteresse (α = .85)	3.45 *(0.48)*	3.53 *(0.44)*	-.769	.442
Selbstwirksamkeit (Lehrperson) (α = .78)	3.17 *(0.61)*	3.37 *(0.42)*	-.748	.455
Selbstwirksamkeit (Experimentieren) (α = .85)	2.55 *(0.80)*	2.79 *(0.58)*	-.925	.355
Selbstwirksamkeit (Schülervorstellungen) (α = .77)	2.72 *(0.60)*	2.90 *(0.35)*	-.869	.385

Die Auswertungen der weiteren themenspezifischen Weiterbildungen sollen u. a. zeigen, inwieweit sich die Überzeugungen und Einstellungen entwickeln und wie Lehrpersonen diese Weiterbildungen bewerten.

Literatur

D-EDK. (2013). Lehrplan 21 - Natur, Mensch und Gesellschaft - Konsultationsfassung, Juni 2013. Verfügbar unter: www.lehrplan.ch.

Ernst, S. (2008). Manual Lehrevalution. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Fechner, S. (2009). Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education (Studien zum Physik- und Chemielernen). Berlin: Logos.

Hermann, U. & Hertramph, H. (2000). Zufallsroutinen oder reflektierte Praxis? Herkömmliche Wege in den Berufseinstieg von Lehrern und notwendige Alternativen. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 18 (2), 172–191.

Kleickmann, T. (2009). Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen Verständnis (Dissertation). Münster: Dissertation. Verfügbar unter: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:6-92579578072.

Lipowsky, 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.

Messner, H. & Reusser, K. (2000). Die berufliche Entwicklung von Lehrpersonen als lebenslanger Prozess. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 2 (18), 157–171.

OECD. (2010). TALIS 2008 Technical Report: Teaching And Learning International Survey. Paris: OECD. Verfügbar unter: http://www.sourceoecd.org/education/9789264079854.

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.

Roth, K.J., Garnier, H.E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K. & Wickler, N.I.Z. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. Journal of Research in Science Teaching, 48 (2), 117–148. doi:10.1002/tea.20408.

Schmich, J. & Schreiner, C. (2010). TALIS 2008: Schule als Lernumfeld und Arbeitsplatz. Vertiefende Analysen aus österreichischer Perspektive (BIFIE-Report 4/2010). Graz: Leykam.

Schmitz, G.S. & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14 (1), 12–25. doi:10.1024//1010-0652.14.1.12.

Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaft. Unterrichtswissenschaft, 36 (1), 71–93.

Martin Erik Horn Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin

Dirac-Operator und Lorentz-Operator im didaktischen Vergleich

Vor fast 100 Jahren formulierte Albert Einstein die Allgemeine Relativitätstheorie (ART). Da dieses Theoriegebäude dadurch wieder stärker in das öffentliche Bewusstsein tritt, stellt sich uns die Frage, wie wir nicht nur die ART, sondern auch ihren mathematischen Aufbau konzeptuell nachvollziehbar darstellen und erläutern können. Auf dieses Problem versucht dieser Beitrag eine Antwort zu geben, die sich an der Geometrischen Algebra nach (Hestenes, 1967 & 2002), (Doran & Lasenby, 2003) orientiert.

Genese und Rezeption der modernen Physik im frühen 20. Jahrhundert

Zehn Jahre vor Veröffentlichung der ART schrieb Einstein 1905 die grundlegenden Arbeiten zur Speziellen Relativitätstheorie (SRT). Allerdings erfolgte die Rezeption dieser Theorie, die einen Pfeiler der modernen Physik darstellt, nicht geradlinig und stringent, sondern ist von Sprüngen und Brüchen durchzogen, die noch heute unsere didaktische Herangehensweise beeinflussen und eine sachangemessene Darstellung der modernen Physik behindern.

Drei wesentliche Ereignisse spielen dabei eine Rolle: Zum einen erschuf Einstein sein Gedankengebäude auf einer sehr phänomenbasierten, konkret an Gedankenexperimenten angelehnten und aus heutiger Sicht vielleicht sogar eklektizistischen Art und Weise. Eine konzeptuell-abstrakte Umformulierung der Ideen Einsteins, anfänglich gar gegen Einsteins ausdrücklichen Widerstand, erfolgte erst in den nachfolgenden Jahren durch Hermann Minkowski, der die Einbettung der SRT in eine vierdimensionale raumzeitliche Welt vorschlug. Leider konnte Minkowski diese wichtige Arbeit, durch die das Konzept der SRT erst für die moderne Physik erschlossen werden konnte, nicht abschließen. Mitten in seiner Beschäftigung mit der SRT verstarb er am 12. Januar 1909 an einem Blinddarmdurchbruch. Wichtige konzeptuelle Ansätze wurden so erst posthum und trotz aller Bemühungen seiner Kollegen wohl nur bruchstückhaft veröffentlicht. Insbesondere die geometrisch entscheidende Rolle des Lorentz-Operators, die Minkowski zu ergründen suchte, blieb bis heute fast unbeachtet.

Ein zweiter Schlag gegen eine gründliche Aufarbeitung und tiefere Durchdringung der SRT erfolgte mit der Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie durch Einstein selbst. Auf einmal traten theoretische und mathematische Konzepte in den Vordergrund, die die SRT mathematisch langweilig und unbefriedigend aussehen ließen. Doch war die SRT dies wirklich? Und welche didaktischen Kosten sind mit diesem Konzeptwechsel für uns verbunden?

Drittens erfolgte 1928 die moderne Formulierung der Quantenmechanik durch Dirac. Die Einführung des Dirac-Operators (Hestenes, 1967, Gl. 1.7), (Lasenby & Doran, 2003, Gl. 6.2)

$$\square = e^{\mu}\partial_{\mu} = e_{\mu}\partial^{\mu} = e_{\mu}\frac{\partial}{\partial x_{\mu}} \quad \text{(unter Beachtung der Einsteinschen Summenkonvention)}$$

überdeckte nun vollends eine mögliche Rezeption des Lorentz-Operators (Minkowski 1910, S. 36, Gl. 63 & S. 62 unten), der in der Geometrischen Algebra lautet:

$$\boldsymbol{lor} = \frac{\partial}{\gamma_t c\partial t} + \frac{\partial}{\gamma_x \partial x} + \frac{\partial}{\gamma_y \partial y} + \frac{\partial}{\gamma_z \partial z} = \gamma_t \frac{\partial}{c\partial t} - \gamma_x \frac{\partial}{\partial x} - \gamma_y \frac{\partial}{\partial y} - \gamma_z \frac{\partial}{\partial z}$$

Ein Blick auf SRT und ART

Beim Vergleich der mathematischen Struktur von Lorentz- und Dirac-Operator fällt zwangsläufig auf, dass der Lorentz-Operator ein Kind der Speziellen Relativität darstellt, während der Dirac-Operator aufgrund der ko- und kontravarianten Schreibung ein allgemein-relativistisches Konstrukt sein muss. Dies hat auch epistemologische Folgen:

In der SRT verschmelzen Raum und Zeit zu einer gemeinsamen Bühne. Wir beschreiben die Welt damit aus dem Blickwinkel **eines einzigen Koordinatensystems**. In diesem wirken die Koordinatenwerte ct, x, y, z und die Basisvektoren γ_t, γ_x, γ_y, γ_z zusammen:

$$\mathbf{r} = ct\,\gamma_t + x\,\gamma_x + y\,\gamma_y + z\,\gamma_z = ct\,\gamma_t + (-x)\,(-\gamma_x) + (-y)\,(-\gamma_y) + (-z)\,(-\gamma_z)$$

Diese von Minkowski durch komplexe Zahlen verfolgte Vereinheitlichung, die im Kontext der Geometrischen Algebra durch eine unterschiedliche Signatur $\gamma_t^2 = -\gamma_x^2 = -\gamma_y^2 = -\gamma_z^2 = 1$ der Basisvektoren mathematisch getragen wird, verschwimmt aus Sicht der ART. Wie ein Betrunkener, der doppelt sieht, bietet uns die ART einen gleichsam doppelten Blick auf die Welt. Mit einem Auge sehen wir die kovariante Perspektive aus dem Blickwinkel der Koordinatenwerte $x_0 = ct$, $x_1 = -x$, $x_2 = -y$, $x_3 = -z$ und Basisvektoren $e_0 = \gamma_t$, $e_1 = \gamma_x$, $e_2 = \gamma_y$, $e_3 = \gamma_z$. Mit dem anderen Auge sehen wir eine kontravariante Welt aus dem Blickwinkel der Koordinatenwerte $x^0 = ct$, $x^1 = x$, $x^2 = y$, $x^3 = z$ und Basisvektoren $e^0 = \gamma_t$, $e^1 = -\gamma_x$, $e^2 = -\gamma_y$, $e^3 = -\gamma_z$.

Diese **Doppelung der Koordinatensysteme** spiegelt die ärgerliche Tatsache wider, dass die Natur wohl selbst nicht weiß, ob sie in einem rechtshändigen oder aber in einem linkshändigen Koordinatensystem zu beschreiben ist. Rechts- und linkshändige Koordinatensysteme sind unabdingbar verknüpft und strikt gleichberechtigt. In der Geometrischen Algebra kann dieser Übergang von einem einzigen Koordinatensystem der SRT zu zwei gleichberechtigten Koordinatensysteme der ART elegant durch reziproke Koordinaten (Doran & Lasenby, 2003, Abs. 4.3) beschrieben werden.

Mathematikdidaktisches Intermezzo

Van der Waerden stellt in seiner Abschiedsvorlesung klar, dass die Existenz einer lebendigen, kreativen Mathematik ohne Anregungen aus der Physik undenkbar ist: „Ganze Zweige der klassischen und auch der modernen Mathematik sind nur durch Anregungen aus der Physik und Astronomie entstanden“ (Van der Waerden, 1973, S. 33). Ohne Physik wäre die Mathematik eine gedanklich nahezu tote Wissenschaft.

Was aber passiert mit der Mathematik, wenn Anregungen aus der Physik nicht aufgegriffen werden oder aber überstürzt erfolgen? Genau diese paradoxe Situation trat bei der Rezeption von Allgemeiner und Spezieller Relativitätstheorie in Verbindung mit der Quantenmechanik auf: Der Lorentz-Operator wurde durch nachfolgende Wissenschaftlergenerationen vernachlässigt, während der Dirac-Operator durch eine überstürzte und vorschnelle Einbindung in die mathematische Konzeptbildung eine didaktisch tragfähige Erschließung der zugrunde liegenden Mathematik erschwert.

Diese konzeptuelle Fehlentwicklung wird nicht zuletzt im derzeit üblichen strukturellen Aufbau der Geometrischen Algebra sichtbar. Entweder wird dort die Differentialrechnung wie in (Hestenes, 2002) rein koordinatenfrei und damit auf einem für Lernanfänger sehr anspruchsvollen konzeptuellen Niveau behandelt. Oder aber die Differentialrechnung wird auf Grundlage reziproker Koordinatensysteme mithilfe der allgemein-relativistischen Mathematik unter Bezug auf ko- und kontravarinate Koordinaten durch den Dirac-Operator vermittelt. Diese didaktische Herangehensweise hat somit die fragwürdige Konsequenz, dass die Mathematik der ART mit reziproker Koordinatengestaltung (Lasenby & Doran, 2003, Abs. 4.3) zwingend vor einer Einführung der geometrischen Ableitung (Lasenby & Doran, 2003, Kap. 6) zu behandeln ist. Sollen wir aber tatsächlich einem didaktischen Aufbau folgen, der die Ko-

ordinaten-Mathematik der Allgemeinen Relativitätstheorie vor Einführung der Geometrischen Ableitung zu behandeln sucht?

Ein Vergleich am Beispiel der Gradientenbildung mithilfe der Geometrischen Ableitung zeigt die Unterschiede der im Schwierigkeitsgrad deutlich differierenden Konzepte. Wird die raumzeitlich geschlossene Kurve $f(x,t) = x_0^2 + x_1^2 = c^2 t^2 + x^2$ abgeleitet, so ergibt sich für den Lorentz-Operator links und den Dirac-Operator rechts

$$\textbf{\textit{lor}}\ f(x,t) = \gamma_t \frac{\partial}{c\partial t}(c^2 t^2) - \gamma_x \frac{\partial}{\partial x} x^2 = 2\,ct\,\gamma_t - 2\,x\,\gamma_x$$

$$\square\ f(x_0, x_1) = e_\mu \partial^\mu x_0^{\,2} + e_\mu \partial^\mu x_1^{\,2} = 2\,e_\mu \delta_0^\mu\, x_0 + 2\,e_\mu \delta_1^\mu\, x_1 = 2\,x_0\,e_0 + 2\,x_1\,e_1 = 2\,ct\,\gamma_t - 2\,x\,\gamma_x$$

naturgemäß ein gleiches Ergebnis, siehe auch die ausführlichere Darstellung bei Horn (2014). Der Abstraktionsgrad ist im Falle des Dirac-Operators jedoch deutlich höher, insbesondere dann, wenn in die Erörterung der Gradientenbildung auch alternative Darstellungen auf Grundlage der eben betrachteten Kurve $f(x,t) = x_0^2 + x_1^2 = (x^0)^2 + (x^1)^2 = x_0 x^0 - x_1 x^1$, die mit $f(x,t) = g_{00}\, x_0\, x^0 + g_{11}\, x_1\, x^1$ auf den metrischen Tensor vorbereiten, mit einbezogen werden.

Mathematikdidaktische Schlussfolgerung
Es macht sehr viel Sinn, vor einem Erlernen der Mathematik der ART, die üblicherweise erst im hochschulischen Kontext eingeführt wird, die Differentialrechnung zu behandeln, die traditionsgemäß bereits Unterrichtsinhalt der Sekundarstufe II ist. Dies kann in der Geometrischen Algebra nur gelingen, wenn zur Modellierung der geometrischen Ableitung der Lorentz-Operator herangezogen wird. Durch den Lorentz-Operator wird die Differentialrechnung auf Grundlage der Geometrischen Algebra für den schulischen Bereich erschlossen.

Physikdidaktische Schlussfolgerung
In der Physikdidaktik stellt sich uns das Ziel, auf die ART vorzubereiten. Hier kommt dem Lorentz-Operator eine entscheidende Brückenfunktion zu. Erst wenn die Spezielle Relativität auf Grundlage einer speziell-relativistischen Mathematik und somit unter Bezug auf den Lorentz-Operator von den Lernenden verstanden wurde, ist eine Einführung der doppelten Koordinatensichtweise der ART didaktisch zu verantworten. Ist dann ein solches gefestigtes Grundlagenwissen zur Differentialrechnung in der SRT (im Sinne der zuvor aufgeführten mathematikdidaktischen Schlussfolgerung) vorhanden, so wird es bereits im Kontext der SRT möglich, auf die Mathematik der ART hinzuführen und diese zu thematisieren.
Die geometrische Ableitung mithilfe des Lorentz-Operators kann als didaktische Brücke den Sprung von der Schulmathematik (SRT) zur Hochschulmathematik (ART) abfedern.

Literatur

Doran, C., & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press
Hestenes, D. (1967). Real Spinor Fields. Journal of Mathematical Physics, 8 (4), 798-808
Hestenes, D. (2002). New Foundations for Classical Mechanics. New York: Kluwer Academic Publishers
Horn, M. E. (2014). Die Geometrische Ableitung am Beispiel der Maxwell-Gleichungen. Beitrag zur DPG-Frühjahrstagung in Frankfurt. Zur Veröffentlichung vorgesehen unter www.phydid.de
Minkowski, H. (1910). Zwei Abhandlungen über die Grundgleichungen der Elektrodynamik. Leipzig: Teubner
Van der Waerden, B. L. (1973). Über die Wechselwirkung zwischen Mathematik und Physik. Elemente der Mathematik, 28, 33-41

Marie-Annette Geyer Technische Universität Dresden
Gesche Pospiech

Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 - Darstellungen funktionaler Zusammenhänge

Die Mathematik nimmt in der Physik verschiedene wesentliche Rollen ein. Sie ist nicht nur ein Werkzeug zum Quantifizieren, zum Kommunizieren und zur Erkenntnisgewinnung, sondern hat in der Physik auch eine strukturierende Funktion (Uhden, 2012; Krey, 2012). Bereits für die Sekundarstufe 1 wird über zentrale Vorgaben, zum Beispiel den nationalen Bildungsstandards, eine angemessene Mathematisierung im Physikunterricht gefordert. Dabei sollen unter anderem funktionale Zusammenhänge und ihre fachtypischen Darstellungen im Mittelpunkt stehen (KMK, 2004).
Funktionale Zusammenhänge und ihre Darstellungen beziehen sich im Physikunterricht jedoch nicht nur auf die technische Rolle der Mathematik, die den Werkzeugcharakter der Mathematik beschreibt. Funktionale Zusammenhänge sind im Physikunterricht vielmehr im Sinne der strukturierenden Rolle der Mathematik zu betrachten, denn die mathematischen Elemente erfordern eine physikalische Interpretation.

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge
Im Physikunterricht verwendet man zur Darstellung funktionaler Zusammenhänge Tabellen, Diagramme, Formeln und Verbalisierungen. Da jede Darstellungsform ihre Vor- und Nachteile hat, um bestimmte Charakteristika eines funktionalen Zusammenhangs oder Schlussfolgerungen abzuleiten, ist es oft hilfreich, eine gegebene Darstellung in eine andere zu transformieren. Die möglichen Darstellungswechsel sind in Abbildung 1 dargestellt. Nitsch et al. (2014) konnten in der Mathematikdidaktik zeigen, dass sich die Kompetenzen von SchülerInnen anhand der Übergänge zwischen den Darstellungen unterscheiden lassen.

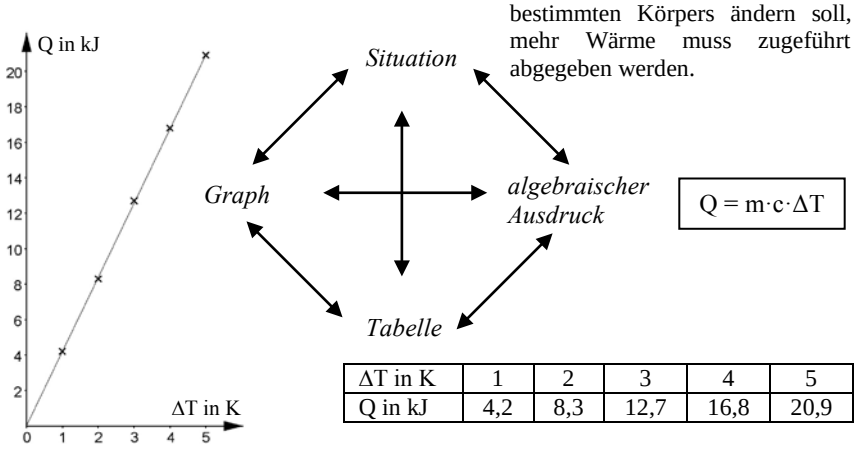
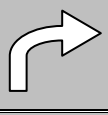


Abbildung 1: Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht (modifiziert nach Nitsch et al., 2014)

Überträgt man die von Höfer (2008) beschriebenen Szenarien für jeden möglichen Übergang zwischen den Darstellungen auf den Physikunterricht, ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Konkretisierungen. Hierbei sind ebenfalls Übergänge zwischen gleichen Darstellungsformen berücksichtigt, die mithilfe mathematischer Operationen neue (physikalische) Informationen erzeugen. Auf Übergänge zwischen verschiedenen Ebenen der verbalen Beschreibung (reine Situationsbeschreibung bis hin zur Verbalisierung mathematischer Zusammenhänge) wird an dieser Stelle jedoch verzichtet.

Tabelle 1: Szenarien für Darstellungswechsel im Physikunterricht (nach Höfer, 2008). Die grau hinterlegten Szenarien für die Übergänge innerhalb einer Darstellungsform deuten an, dass in ihnen neue Informationen generiert werden.

	**Situation / verbale Beschreibung**	**Graph**	**algebraischer Ausdruck**	**Tabelle**
Situation / verbale Beschreibung	–	Eintragen von (Mess-) Punkten, Skizzieren eines Graphen	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks	Tabellarisieren von (Mess-) Werten
Graph	Auslesen von Werten und anschließendes Interpretieren, Interpretieren eines Graphen	Skizzieren eines Graphen für eine weitere physikalische Größe	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks durch Betrachten des Kurvenverlaufs	Auslesen und Tabellarisieren einzelner Werte
algebraischer Ausdruck	Interpretieren (evtl. nach Berechnung von Werten), Versprachlichen einer Formel	Eintragen berechneter Wertepaare, Skizzieren eines Graphen	Verknüpfen von algebraischen Ausdrücken	Tabellarisieren berechneter Werte
Tabelle	Quer- oder Längslesen und Beschreiben	Eintragen von Wertepaaren, Skizzieren eines Graphen	Aufstellen eines algebraischen Ausdrucks, Regression	Tabellarisieren abgeleiteter physikalischer Größen

Für Darstellungswechsel in der Mathematik konnte gezeigt werden, dass einige Übergänge schwieriger sind als andere. Bossé et al. (2011) entwickelten aus Ergebnissen verschiedener Studien und der Betrachtung zusätzlicher Aspekte (z. B. Merkmalsdichte einer Darstellung, Verwendung zusätzlicher Übergangsdarstellungen) eine Kategorisierung der Darstellungswechsel bezüglich verschiedener Schwierigkeitsstufen. Diese lässt erkennen, dass alle Übergänge, die eine verbale Beschreibung enthalten, zu den schwierigsten Darstellungswechseln zählen.

Aus den aufgeführten Ergebnissen ließe sich vermuten, dass auch Darstellungswechsel zwischen graphischen und algebraischen Darstellungen im Physikunterricht durch die enge Verflechtung mit einer physikalischen Situation (und damit mit einer verbalen Beschreibung) generell schwieriger sind, als die entsprechenden Übergänge im Mathematikunterricht. Erste Hinweise für diese Vermutung lassen sich beispielsweise bei Planinic et al. (2013) finden.

Fragestellungen

Mithilfe folgender Fragestellungen soll das aufgezeigte Forschungsfeld näher untersucht werden:

Wie bearbeiten SchülerInnen physikalisch-mathematische Problemaufgaben, die verschiedene Darstellungen funktionaler Zusammenhänge enthalten bzw. erfordern?
- Welche typischen Bearbeitungsmuster gibt es?
- Wie werden graphische, algebraische und verbale Darstellungen verknüpft?

Welche Schwierigkeiten haben SchülerInnen bei der Bearbeitung physikalisch-mathematischer Problemaufgaben, die Darstellungswechsel enthalten?
- Helfen Graphen als zusätzliche Übergangsdarstellung beim Wechsel zwischen verbaler und algebraischer Darstellung?

Studiendesign

Für den Teilbereich der Wärmelehre werden physikalisch-mathematische Problemaufgaben entwickelt. SchülerInnen der 8. Klassenstufe bearbeiten diese in Partnerarbeit an einer interaktiven Tafel und werden aufgefordert, dabei laut zu denken. Die schriftlichen und verbalen Äußerungen der SchülerInnen werden aufgezeichnet. Im Anschluss wird einer der Partner nachbefragt.

Die erhaltenen Daten werden qualitativ ausgewertet und kategorisiert (deduktiv-induktive Vorgehensweise, Typenbildung).

Um die Stichprobe der Laborstudie einzuordnen, werden ein mathematischer und physikalischer Wissenstest und ein Fragebogen zu Einstellungen zu Formeln und Diagrammen im Physikunterricht verwendet. Für zusätzliche Interpretationshinweise bearbeiten die PhysiklehrerInnen der befragten SchülerInnen einen Fragebogen zur Bedeutung und zum Einsatz von Formeln und Diagrammen im Physikunterricht.

Literatur

Bossé, M. J., Adu-Gyamfi, K. & Cheetham, M. R. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations: Synthesizing the Literature and Novel Findings. International Electronic Journal of Mathematics Education, 6(3), 113-133.

Höfer, T. (2008). Das Haus des funktionalen Denkens. Entwicklung und Erprobung eines Modells für die Planung und Analyse methodischer und didaktischer Konzepte zur Förderung des funktionalen Denkens. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

KMK (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand.

Krey, O. (2012). Die Rolle der Mathematik in der Physik. Berlin: Logos Verlag.

Nitsch, R., Fredebohm, A., Bruder, R., Kelava, T., Naccarella, D., Leuders, T. & Wirtz, M. (2014). Students' Competencies in Working with Functions in Secondary Mathematics Education – Empirical Examination of a Competence Structure Model. International Journal of Science and Mathematics Education.

Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A. & Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 9, 020103.

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag.

Olaf Uhden
Ricardo Karam
Dietmar Höttecke

Universität Hamburg

Mathematik im Physikunterricht
Ein Entwicklungsprojekt

Mathematik erfüllt in der Physik zahlreiche Funktionen. Sie dient nicht nur dazu, komplexe Sachzusammenhänge begrifflich und formal besonders dicht auszudrücken. Sie ist auch ein Generator neuer physikalischer Ideen und Mittel der Modellbildung. Dass man die Natur überhaupt mit Mathematik beschreiben und Vorhersagen treffen kann, ist philosophisch bedeutsam, wird aber im Schulunterricht bisher kaum thematisiert. So zeigt sich auch in den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, dass mathematische Arbeitsweisen abseits von Formelkalkülen wenig bis gar nicht wahrgenommen werden (Krey, 2012). Die didaktische Entwicklung des Physikunterrichts sollte diese konstitutive Rolle der Mathematik jedoch berücksichtigen. Es lassen sich gute Argumente für eine enge inhaltliche Verbindung von Physik und Mathematik auch im didaktischen Kontext finden (Uhden, Karam, Pietrocola & Pospiech, 2012). Hinzu kommt, dass Mathematik im Physikunterricht spezifische Lernschwierigkeiten erzeugt, die bislang in der Unterrichtsentwicklung wenig beachtet werden. Es herrscht ein großer Mangel an erprobten und wissenschaftlich fundierten Best-Practice-Beispielen, wie Schülerinnen und Schüler die wichtige Rolle, die die Mathematik in der Physik spielt, für eigenes Lernen nutzen und als sinnstiftend erleben können. Dafür notwendige diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften sind ebenfalls ein sich dabei ergebendes Handlungsfeld mit Entwicklungsbedarf.

Zielsetzung

Um einen praktischen Beitrag zur Lösung der angesprochenen Probleme zu liefern und dabei die Unterrichtsrealität eng im Blick zu behalten, haben wir in Kooperation mit dem *Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg* eine Entwicklergruppe gegründet. In Anlehnung an den Ansatz der Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012) arbeiten zehn Lehrkräfte und drei Physikdidaktiker in einem monatlichen Rhythmus.

Es werden Unterrichtseinheiten zur Mathematik im Physikunterricht entwickelt. Dabei sichert die intensive Beteiligung von Lehrkräften am Entwicklungsprozess, dass die curricularen Ideen, die entwickelt werden, praxis- und problembezogen sind. Physiklehrkräfte bringen ihre Erfahrungen, Problemsichten, Wissen über Lehren und Lernen und ihre didaktische Kreativität in den Entwicklungsprozess ein. Die Expertise der Physikdidaktik sichert einen angemessenen Forschungsbezug und die Qualität und Aktualität der fachdidaktischen Konzeptionen.

Nach der Entwicklung der Unterrichtseinheiten werden diese von beteiligten Lehrkräften in ihrem Unterricht erprobt. Nach Möglichkeit werden begleitende Hospitationen durchgeführt. Aufgrund dieser reflektierten Erfahrungen können die Unterrichtseinheiten nun einer erneuten Überarbeitung unterworfen werden. In diesem Projekt kann keine streng wissenschaftliche Evaluation vorgenommen werden. Die Evaluation und Überarbeitung erfolgt daher diskursiv in den Arbeitsgruppen auf Grundlage der reflektierten Erfahrungen und Beobachtungen.

Konzeption

In einer ersten Sitzung wurden, ausgehend von empirischen Erkenntnissen zu Verständnisschwierigkeiten beim Übersetzen zwischen Physik und Mathematik (Uhden, 2012) weitere Probleme und Arbeitsschwerpunkte im diskursiven Austausch mit den

Lehrkräften gesammelt und klassifiziert. Dabei ergaben sich folgende problematische Bereiche, die beim Umgang mit Mathematik im Physikunterricht zu Lernschwierigkeiten führen können und bei der Konzeption von Unterricht zu beachten sind:
(1) Transfer der mathematischen Kenntnisse in physikalischen Kontext bzw. Übersetzung zwischen mathematischen Strukturen und physikalischer Bedeutung
(2) Abwägung zwischen induktivem und deduktivem Vorgehen
(3) Erkennen der Notwendigkeit und Vorteile von (mathematischer) Abstraktion
(4) Wahrnehmung der Mathematisierung als sinnstiftende Tätigkeit
(5) Curriculare Bedingungen bzgl. einer Vernetzung von Mathematik- und Physikunterricht
(6) Physikalisches Grundlagenwissen/Verständnis der Schüler
(7) Mathematisches Grundlagenwissen/Verständnis der Schüler

Anschließend konstituierten sich drei Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Themenbereichen und Arbeitsschwerpunkten. Jede Gruppe wurde von einem Physikdidaktiker betreut, der die Gruppenarbeit strukturiert und fachdidaktische Impulse gegeben hat. Im Folgenden werden kurz die drei Themenbereiche mit Zielen und den erarbeiteten didaktischen Konzeptionen vorgestellt.

Dichte – Verhältnisse am Beispiel der Dichte in Klasse 8, Adressierung der Problembereiche 1 und 4.
Die Schüler sollen verstehen, warum ein Verhältnis/Quotient physikalischer Größen gebildet wird und welcher Erkenntnisgewinn hierdurch erreicht wird. Um einen sinnstiftenden Zugang zu ermöglichen, wird der alltägliche Umgang mit Verhältnissen thematisiert, bevor das Verhältnis m/V anhand des Vergleichs von flüssiger und geschlagener Sahne entdeckt werden soll. Dieser einführenden Sequenz, die an der Lebenswelt der Schüler anknüpft, folgen experimentelle Dichtebestimmungen, um eine gewisse Erfahrung und Vertrautheit zu ermöglichen. Als abschließende Sequenz wird der Fokus auf interpretative Übungen zur Verbindung von mathematischer Struktur und physikalischer Bedeutung sowie auf Reflexionen zu Erkenntnisgewinn und Lernprozessen gelegt.

Energie – Klasse 9, Adressierung vorrangig des Problembereiches 3 sowie weiterhin der Bereiche 1, 4 und 6.
Formeln dienen in Klasse 9 erstmals der Quantifizierung und Bilanzierung von „Energiemengen“. Um zwischen abstrakter Formel, abstraktem Energiekonzept und konkretem Phänomen zu vermitteln, wird das Denken in einem mentalen Modell (Behälterschema) für Energiemengen, die erhalten bleiben, eingeübt. Formeln dienen der „Füllstandsanzeige“ gedachter Behälter. Für unterschiedliche Phänomene wird der Wechsel zwischen den drei Repräsentationsebenen eingeübt.

Lorentzkraft – Oberstufe, Adressierung vorrangig des Problembereiches 1 sowie weiterhin der Bereiche 2, 3 und 5.
Um ein Verständnis der Lorentzkraft und deren mathematischer Formulierung zu unterstützen, werden deutlich stärkere Querbezüge zum Mathematikunterricht hergestellt, als dies bislang der Fall ist. Dabei werden z. B. über Analogiebetrachtung mathematische Strukturen plausibel gemacht und die Größe B durch Einheitenanalyse aus einem anderen Blickwinkel betrachtet. In dem Übergang vom Experiment (Kraft auf Leiterschleife im Magnetfeld) zum Modell (Kraft auf einzelne Elektronen) wird die Modellbildung explizit thematisiert. Die Notwendigkeit der Mathematisierung bei der Anwendung des Kreuzproduktes wird ebenfalls diskutiert.

Zusammenfassung

Die Unterrichtseinheiten sind entwickelt und werden zurzeit in verschiedenen Klassen erprobt, um anschließend überarbeitet zu werden. Die bisherige Arbeit in der Entwicklergruppe liefert erste allgemeine inhaltliche und methodische Erkenntnisse. Ein zu lösendes didaktisches Desiderat zeigt sich in der Inkonsistenz zwischen physikalischem Messprozess und der zugehörigen mathematischen Struktur der physikalischen Formel. So stimmt beispielsweise bei der Herleitung des Ohm'schen Gesetzes $U=RI$ üblicherweise die Rolle von abhängigen und unabhängigen Variablen nicht mit der entsprechenden Rolle in der daraus hergeleiteten Formel überein. Ein ähnlich gelagertes Problem zeigt sich in dem komplexen Wissenstransfer aus dem Matheunterricht aufgrund der unterschiedlichen Syntax und Semantik (z. B. Funktionen, Einheiten).

Bezüglich der Arbeit in einer Entwicklergruppe hat sich als wichtige Erkenntnis gezeigt, dass viel Zeit für die Herstellung eines produktiven Arbeitsklimas eingeplant werden muss. Dabei muss eine Atmosphäre hergestellt werden, in der eine Akzeptanz und Wertschätzung der unterschiedlichen Expertisen herrscht. Zudem ist organisatorisch eine hohe Verbindlichkeit und Struktur im Arbeitsprozess sehr wichtig. Unter Beachtung dieser Aspekte lässt sich dann ein hoher Synergieeffekt erzielen, der eine gute Passung zwischen didaktischen Konzepten und der Unterrichtsrealität sicherstellt.

Literatur

Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B. & Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 65 (8), 452-457.

Krey, O. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. Berlin: Logos.

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Berlin: Logos.

Uhden*, O., Karam*, R., Pietrocola, M., Pospiech, G. (2012). Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. Science & Education, 20(4), 485-506. *Both authors contributed equally.

Wiebke Janßen TU Dresden
Gesche Pospiech

Versprachlichung von Formeln und physikalisches Formelverständnis

Formeln sind ein zentraler Bestandteil des Physikunterrichtes. Quantisierbare Größen werden durch eine Formel miteinander in Beziehung gesetzt, die damit beispielsweise ein überprüfbares physikalisches Gesetz darstellt oder eine grundlegende physikalische Größe definiert.

Theoretischer Rahmen

Eine physikalische Formel ist ein komplexes semantisches Konstrukt. Sie wird in abstrakt-verkürzter algebraischer Form repräsentiert. Max Born hat die Besonderheit der physikalischen Formel folgendermaßen hervorgehoben: „In der Physik sind die mathematischen Formeln nicht Selbstzweck wie in der reinen Mathematik, sondern Symbole für irgend eine Art Wirklichkeit [...].“ (Born, 1965, S.57). Diese Art der „Wirklichkeit“ muss zur Konstruktion einer Formelbedeutung hinzugezogen werden. Zum einen finden sich in einer Formel einzelne physikalische Fachtermini, repräsentiert durch ihre Formelzeichen. Die Bedeutung dieser Fachtermini ist jeweils innerhalb der sie umgebenden physikalischen Theorie zu sehen (z. B. kann die Bedeutung des Terminus „elektrische Stromstärke“ nur innerhalb der Theorie der Elektrodynamik verstanden werden, diese beinhaltet auch verschiedene Modellbildungen). Die einzelnen Termini werden durch mathematische Operatoren miteinander verknüpft. Diese Operatoren stellen Beziehungen zwischen den Größen dar.

In verschiedenen Untersuchungen zeigte sich, dass es SchülerInnen oft schwerfällt, dieses semantisch komplexe Konstrukt mit eigenen Worten zu beschreiben (z. B. Bagno et al., 2008). Dies deutet darauf hin, dass eine Vermittlung einer außerhalb reiner mathematischer Operatoren liegenden Bedeutung einer Formel im Unterricht häufig zu kurz kommt. Dies deckt sich mit den Befunden von Krey und Uhden, in denen sich bei SchülerInnen ein v. a. technischer Blick auf den Einsatz von Mathematik in der Physik und, als prototypisch hierfür empfunden, von Formeln zeigt. Die strukturelle Rolle der Mathematik bleibt weitgehend unberücksichtigt (Krey, 2012; Uhden, 2012). Die Unterscheidung von technischer (= reine Rechenoperationen) und struktureller Rolle (= Übertragung mathematischer auf physikalischer Erkenntnisse, z. B. Interpretieren und Modellieren) der Mathematik in der Physik geht auf Pietrocola zurück (Pietrocola, 2008).
Eine Untersuchung von Müller und Heise zeigte, dass die Verwendung algebraischer Formeln grundsätzlich das Verständnis physikalischer Texte verbessern (Müller & Heise, 2006). Gegenteilig fanden Dee-Lucas und Larkin aber heraus, dass Zusammenhänge und logische Strukturen in Beweisen ohne algebraische Schreibweise von Studierenden besser verstanden werden als solche mit Formeln (Dee-Lucas & Larkin, 1991). Diese Ergebnisse können zusammenfassend dahingehend interpretiert werden, dass Formeln bei SchülerInnen ihre Funktion der kognitiven Entlastung durch die verkürzte und übersichtliche Darstellungsweise von Zusammenhängen erfüllen. Es deutet sich an, dass eine kombinierte Darstellung von Inhalten in algebraischer und natürlich-sprachlicher Weise für den Lernprozess sinnvoll ist und ein Verständnis für Formelbedeutungen i. S. der strukturellen Rolle der Mathematik in der Physik verbessern könnte.

Forschungsfragen
Dies führt zu der Fragestellung, wie im Unterricht mit Formeln umgegangen wird. Um ein Formelverständnis zu erreichen, das über das mathematische Manipulieren und Berechnen hinausgeht, sollte im Unterricht über die physikalische Bedeutung einer Formel gesprochen werden. Aus diesem Grund interessieren die Fragestellungen:
(1) Wie häufig und in welcher Form werden Formeln von Lehrkräften im Unterricht versprachlicht?
(2) Welche Rückschlüsse auf das Wissen von Lehrkräften über Formeln und ihre Nutzung im Unterricht (CK und PCK) erlaubt die Analyse der Formel-Versprachlichungen im Unterricht?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen sind Unterrichtshospitationen mit anschließender qualitativer Auswertung des erhobenen Sprachmaterials geplant.

Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln
Die Versprachlichung bedeutet die Verknüpfung algebraischer und natürlich-sprachlicher Darstellungen. Um unterschiedliche Möglichkeiten der Versprachlichung beschreiben zu können, wird folgendes selbst entwickeltes Ebenenmodell verwendet:

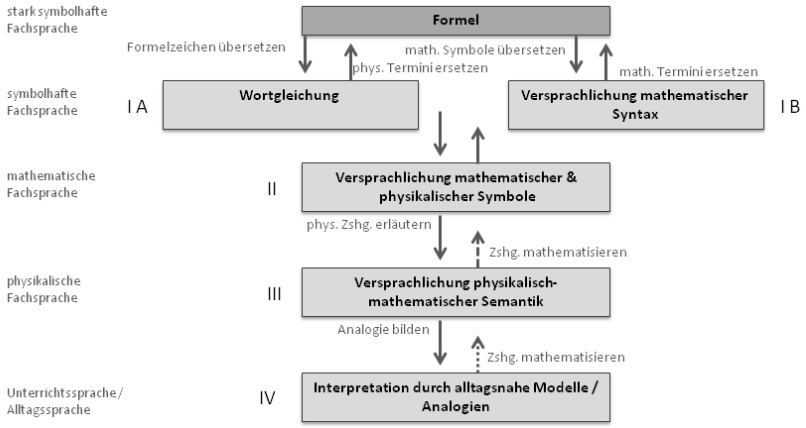


Abb. 1: Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln

Eine erste Übersetzungleistung ist das Identifizieren und Übersetzen der in einer Formel verwendeten Symbole. Dies sind zum einen die verwendeten physikalischen Formelzeichen, die den korrekten physikalischen Fachtermini zugeordnet werden. Werden nur die Fachtermini eingesetzt, erhält man eine Wortgleichung (Ebene IA). Zum anderen müssen die mathematischen Symbole in die jeweiligen Operatoren übersetzt werden. Die Übersetzung der mathematischen Symbole findet auf Ebene IB statt. Wenn sowohl die mathematischen als auch die physikalischen Symbole in ihr fachsprachliches Äquivalent übertragen wurden, hat eine Versprachlichung auf Ebene II stattgefunden. An dieser Stelle sind in der natürlichsprachlichen Transformation der Formel noch alle Informationen enthalten. Die verwendete Sprache ist rein fachsprachlich und kann problemlos nach den Transformationsregeln wieder in die verkürzte algebraische Version rückübersetzt werden. Ab Ebene III erfolgt ein Hinzufügen von Informationen. Die Lehrkraft hat hier die Möglichkeit, die Formel stärker in den Kontext einer physikalischen Theorie einzubetten und die mathematische Semantik des Zusammenhanges zu beschreiben (z. B. mithilfe der symbolischen Formen nach Sherin, 2001). Außerdem erfolgt eine erste Interpretation durch

eine Klassifizierung der Funktion der Formel innerhalb der Theorie (im Beispiel unten wird die Formel als Definitionsgleichung des Widerstandes interpretiert). Ebene IV versucht eine weitergehende Form der Interpretation, indem auf unterrichtssprachlichen oder sogar alltagssprachlichen Niveau eine für die SchülerInnen zugängliche Anaogie geschaffen wird.

Da Ebene III und IV Interpretationen der Formel sind, ist von diesen Ebenen eine Rückübersetzung zur algebraischen Form nicht ohne weitere Informationen oder experimentelle Untersuchungen des Zusammenhanges möglich. Die Transformation in diese Ebenen erfolgt nie ohne Informationsverlust. Gleichzeitig sind es diese Ebenen, auf denen die „Bedeutung“ einer Formel vermittelt wird und ihre Aussage mit anderen Worten als den rein fachsprachlichen, mathematischen Zusammenhängen beschrieben wird. Aus der Verwendung dieser Ebenen im Unterricht kann somit ein Rückschluss darauf gezogen werden, inwiefern über Formelbedeutungen gesprochen wird.
Folgendes Beispiel soll die Ebenen verdeutlichen:

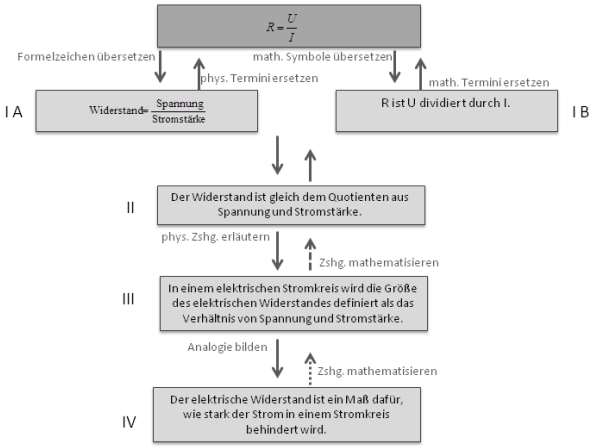


Abb. 2: Beispiel der Versprachlichung einer Formel nach dem Ebenenmodell

Die Funktionalität des Modells ist in ersten Lehrbuchanalysen explorativ getestet worden. Es zeigte sich, dass die beschriebenen Ebenen dazu geeignet sind, Versprachlichungen zu beschreiben, die in Lehrbüchern genutzt werden. Lediglich die Ebene IA tauchte in den analysierten Lehrbüchern und Lernbereichen nicht auf.

Literatur

Bagno, E., Berger, H. & Eylon, B. (2008). How to promote learning of physics from formulae? In GIREP-EPEC & PHEC 2009 (Tagungsband), 75-82

Born, M. (1965). Symbol und Wirklichkeit. In Physikalische Blätter 21 (2), 53-63

Dee-Lucas, D. & Larkin, J. (1991). Equations in Scientific Proofs: Effect on Comprehension. In American Educational Research Journal 28 (3), 661-682

Krey, O. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik: wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender. Berlin: Logos (=Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd.130)

Müller, R. & Heise, E. (2006). Formeln in physikalischen Texten: Einstellungen und Textverständnis von Schülerinnen und Schülern. In Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 2 (5), 62-70

Pietrocola, M. (2008). Mathematics as Structural Language of Physical Thoughts. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Hrsgb.) Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, Bd.2. ICPE

Sherin, B. (2001). How Students Understand Physics Equations. In Cognitions and Instruction 19 (4), 479-541

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos (=Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd.133)

Vincent Schneider
Claus Bolte
Barbara Krischer

Freie Universität Berlin

‘Stages of Concerns‘ gegenüber sprachsensiblem naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Einleitung

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung eines universitären Ausbildungsmoduls zum Thema „Deutsch als Zweitsprache“ (DaZ) für Lehramtsstudierende an der Freien Universität Berlin hat eine Arbeitsgruppe der Didaktik der Chemie professionsbezogene Einstellungsveränderungen von Lehramtsstudierenden gegenüber einem sprachsensiblen (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht analysiert. Im Folgenden erläutern wir zunächst Grundzüge eines sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Fachunterrichts sowie theoretische Grundlagen zu professionsbezogenen Einstellungen.

Theorie - Sprachsensibler naturwissenschaftlicher Fachunterricht

Die Berücksichtigung sprachsensibler Maßnahmen im (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht ist gegenwärtig ein wichtiges Planungselement, da Sprachkompetenzen von Schülerinnen und Schülern auch im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden sollen (Bolte & Pastille, 2010; Leisen, 2010). In Anlehnung an Bolte und Pastille (2010) und Leisen (2010) haben wir in Zusammenarbeit mit Mario Hoffmann folgende Kriterien herausgearbeitet, die sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Fachunterricht charakterisieren:

Sprachsensibler naturwissenschaftlicher Fachunterricht berücksichtigt, dass Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht untrennbar miteinander verbunden sind. Unterrichts- und Fachsprache erhalten daher im sprachsensiblen Fachunterricht besondere Aufmerksamkeit; das heißt, sprachsensibler Fachunterricht…

- unterstützt das Sprachenlernen im Fach durch Nutzung geeigneter Methoden-Werkzeuge (z. B. Wortlisten, Satzmuster, Bildsequenzen, Gruppenpuzzle, Mindmapping, Kugellager etc.; siehe Leisen, 2010),
- unterstützt den Lernenden bei der Kommunikation über naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte (siehe Bolte & Pastille, 2010),
- übt fachtypische Sprachstrukturen (eine fachlich zutreffende Frage stellen, ein Experiment beschreiben, eine Begründung formulieren …),
- thematisiert sprachliche Aspekte fachbezogener Kommunikation und verbessert auf diese Weise das Sprachbewusstsein auf Seiten der Lernenden,
- fördert Kompetenzen hinsichtlich des Lesens und Verstehens von Fachtexten sowie des Schreibens naturwissenschaftsbezogener Texte,
- übt den Umgang mit verschiedenen Formen der Darstellung naturwissenschaftsbezogener Sachverhalte (Fließtexte, Tabellen, Diagramme etc.).

Um Lehrerinnen und Lehrer mit diesem Ansatz vertraut zu machen, sollten bereits erste Professionalisierungsmaßnahmen im Rahmen der Lehrerausbildung erfolgen. An der Freien Universität Berlin setzen sich Lehramtsstudierende bereits im Bachelormodul „Deutsch als Zweitsprache“ (3 Leistungspunkte; Vorlesung und Übung) mit verschiedenen Themen aus diesem Bereich auseinander. Beispiele für solche Themen sind: „Grundlagen des Erst- und Zweitspracherwerbs“, „Sprachstanddiagnose“, „Fehleranalyse“, „Klassifikation von Fehlern“, „Umgang mit Fehlern“, „Bildungssprache“, „Merkmale von Fachtexten“, „Sprachbildung im Fachunterricht“ sowie „Lese- und Schreibförderung im Fachunterricht“.

Professionsbezogene Einstellungsänderungen von Lehramtsstudierenden
Die Motivation professionsbezogene Einstellungsveränderungen von Lehramtsstudierenden gegenüber einem sprachsensiblen (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht zu analysieren, ergibt sich u. a. aus der ***„Theorie des geplanten Verhaltens"*** (Ajzen, 1991). Der Theorie des geplanten Verhaltens folgend beeinflussen Einstellungen vermittelt über die Verhaltensabsicht das tatsächliche Handeln (siehe auch Schneider & Bolte, 2013). Im Kontext des vorliegenden Beitrags bedeutet dies, dass das (zukünftige) Verhalten einer Lehramtsstudentin/eines Lehramtsstudenten im Hinblick auf einen sprachsensiblen (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht von professionsbezogenen Einstellungen gegenüber diesem Ansatz determiniert ist.

Aus dieser Überlegung heraus formulieren wir folgende ***forschungsleitende Fragestellungen*:**
Welche professionsbezogenen Einstellungen zeigen
a) Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften *gegenüber eine*m *sprachsensiblen* naturwissenschaftlichen Fachunterrichts *zu Beginn des DaZ-Moduls und*
b) Lehramtsstudierende der Sozialwissenschaften *gegenüber eine*m *sprachsensiblen* Fachunterrichts *zu Beginn des DaZ-Moduls und*
c) wie verändern sich diese professionsbezogenen Einstellungen im Verlauf der Teilnahme am DaZ-Modul?

Zur ***Rekonstruktion professionsbezogener Einstellungen von Lehramtsstudierenden*** gegenüber sprachsensiblem (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht nutzen wir das „Stages of Concern-Modell" von Hall und Hord (2011) und einen speziell für diesen Anlass adaptierten Stages of Concern-Fragebogen (in Anlehnung an Pant u. a., 2008; Hall & Hord, 2011; Schneider & Bolte, 2013). Die theoretischen Grundlagen des Stages of Concern-Modells haben wir u. a. in den beiden vorangegangen GDCP-Jahresbänden vorgestellt (Schneider & Bolte, 2013; Schneider, Schürmann & Bolte, 2014).

Methode
Unsere wissenschaftliche Begleitforschung ist als Pre-Post-Testdesign angelegt. Im Speziellen planen wir, Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften und der Sozialwissenschaften zu Beginn und nach Abschluss des DaZ-Moduls zu befragen. Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften erhalten den Stages of Concern-Fragebogen „Sprachsensibler naturwissenschaftlicher Fachunterricht". Die Lehramtsstudierenden der Sozialwissenschaften werden mit der Stages of Concern-Fragebogen-Variante „Sprachsensibler Fachunterricht" befragt.

Ergebnisse und Diskussion
Abbildung 1 (siehe nächste Seite) zeigt unsere Analyseergebnisse im Hinblick auf die ermittelten professionsbezogenen Einstellungsveränderungen von Lehramtsstudierenden gegenüber dem Konzept eines sprachsensiblen (sozial- vs. naturwissenschaftlichen) Fachunterrichts. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Stages of Concern-Profile beider Gruppen bereits zu Beginn des Moduls unterscheiden. Die Lehramtsstudierenden der Sozialwissenschaften sind zu Beginn des Moduls 'kooperativer' gegenüber der Implementierung eines sprachsensiblen Fachunterrichts eingestellt als die der naturwissenschaftlichen Studienfächer. Im Speziellen weisen die Lehramtsstudierenden der Sozialwissenschaften ein stärkeres Bewusstsein für den sprachsensiblen Ansatz auf, wünschen sich mehr Informationen über diesen Ansatz und haben Auswirkungen des Ansatzes auf Lernende stärker im Fokus.
Durch die Teilnahme der Studierenden am DaZ-Modul können die bereits zu Beginn als positiv zu bewertende Einstellungsprofile in positiver Weise weiter ausgeformt werden. Die Lehramtsstudierenden beider Gruppen weisen nach Abschluss des Moduls gegenüber

sprachsensiblen Ansätzen ein stärkeres Bewusstsein auf, sie fühlen sich sichtlich besser informiert, haben Aufgaben im Kontext des Ansatzes gezielter im Blick und möchten zur Verbesserung des Ansatzes einen Beitrag leisten.

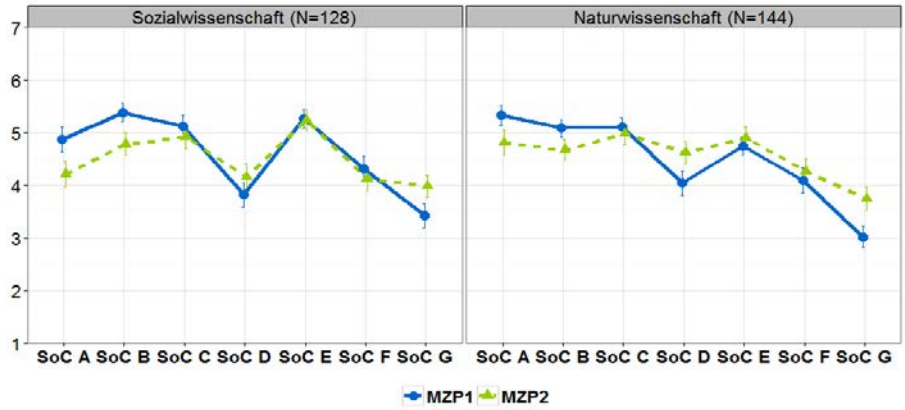


Abbildung 1[1]: SoC -Profile der Sozialwissenschaftler und Naturwissenschaftler zum MZP1 (pre-) und MZP 2 (post-Test); SoC A „Bewusstsein", SoC B „Informationsbedürfnis", SoC C „Persönliche Betroffenheit", SoC D "Aufgabenmanagement", SoC E „Auswirkungen auf Lernende", SoC F „Kooperationsbereitschaft" und SoC G „Optimierung/Revision"

Fazit

Zusammenfassend lässt sich für die beiden untersuchten Gruppen festhalten, dass sie bereits zum Beginn des Moduls eine positive Einstellung gegenüber sprachsensiblen Fachunterricht aufweisen. Durch die Teilnahme am Modul werden diese positiven Haltungen gefestigt und weiter ausgeschärft. Inwieweit diese positiven Einstellungsaspekte, z. B. im Zuge der Unterrichtspraktika, handlungsleitend werden, müssen zukünftige Studien zeigen.

Literatur

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, 50(2), S. 179–211.

Bolte, C., & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen - Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.). ide-extra: Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Band 16. Innsbruck: Studien Verlag. S. 26-46.

Hall, G. E., & Hord, S. M. (2011). Implementing change: Patterns, principles, and potholes (3. Aufl.). Boston, MA: Pearson Education.

Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C., & Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. Zeitschrift für Pädagogik 54(6), S. 827-845.

Leisen, J. (2010). Handbuch Sprachförderung im Fach - Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Bonn: Varus.

Schneider, V., & Bolte, C. (2013). Stages of Concern angehender Chemielehrer/-innen hinsichtlich IBSE . In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN., S. 197-199.

Schneider, V., Schürmann, A., & Bolte, C. (2014). Professionsbezogene Einstellungen von Studierenden des Grundschullehramts zum Fach „Integrierte Naturwissenschaften". In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN., S. 426-428

[1] In den hier dargelegten Analyseergebnissen werden nur Lehramtsstudierende berücksichtigt, die sich zu beiden Messzeitpunkten an der Befragung beteiligt haben. Bitte beachten: Eine hohe Ausprägung auf der SoC-Skala A „Bewusstsein" bedeutet, dass die Probanden ein geringes Bewusstsein zum Ausdruck bringen.

Tim Reschke Universität Duisburg-Essen
Jenna Koenen
Elke Sumfleth

Lernen mit fiktiven Geschichten im Fach Chemie

Ausgangslage

Die Ergebnisse des vom Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) durchgeführten Ländervergleichs zeigen, dass 41.9 % aller Schülerinnen und Schüler in Deutschland, die den Mittleren Schulabschluss anstreben, den Regelstandard des Kompetenzbereichs Fachwissen im Fach Chemie nicht erreichen (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Parchmann, 2013). Des Weiteren zeigt sich, dass das Interesse am Fach Chemie insbesondere im Vergleich zu den Fächern Biologie und Mathematik deutlich geringer ist (Pant et al., 2013). Dies konnte zuvor auch schon in anderen Studien, wie beispielsweise der ROSE-Studie (Sjøberg & Schreiner, 2010), gezeigt werden.

Theoretischer Hintergrund

Die Entwicklung neuer Lernmaterialien könnte eine Möglichkeit sein, um den Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler zu fördern und das situationale Interesse bei der Bearbeitung der Materialien anzuregen. Die vermehrte Anregung des situationalen Interesses könnte ein erster Schritt in Richtung einer positiven Entwicklung des Fachinteresses darstellen (vgl. Hidi & Berndorff, 1998).

Wie Avraamidou & Osborne (2009) aufzeigen, könnte die Nutzung von fiktiven Geschichten als Lernmaterialien der Förderung des Fachwissens und der Anregung des situationalen Interesses gerecht werden. Solche Geschichten werden im Unterricht oft im Rahmen der Methode des Storytellings verwendet (z. B. Egan, 1988; Schekatz-Schopmeier & Lück, 2011). Dabei erzählt die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern am Anfang der Unterrichtsstunde mündlich eine Geschichte. Das Ziel dieser Methode ist es, die Schülerinnen und Schüler für die darauffolgenden Fachinhalte zu begeistern (vgl. Egan, 1988). Heutzutage werden fiktive Geschichten, die schon konkrete Fachinhalte beinhalten, auch als textbasierte Geschichten zum eigenständigen Lesen und Bearbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendet (z. B. Kaspar & Mikelskis, 2008; Martensen, Tietjens & Parchmann, 2007). Negrete (2003) konnte in Bezug auf Lernen mit Geschichten zeigen, dass naturwissenschaftliche Informationen, die in einer Geschichte eingebettet waren, besser und langfristiger als Informationen aus Sachtexten erlernt wurden. Ein Grund dafür ist, dass fiktive Geschichten im Vergleich zu Sachtexten andere narrative Merkmale, u. a. Analogien und Personifikationen, beinhalten können (vgl. Avraamidou & Osborne, 2009). So können Analogien eine Möglichkeit sein, Brücken zu unbekannten Fachinhalten durch Rückgriff auf bereits bekannte Sachverhalte aus dem Alltag zu bauen (Glynn, 2007).

Ziele der Studie

Bisher werden im Chemieunterricht in der Regel Sachtexte als Lernmaterialien verwendet, da dies die in Chemieschulbüchern meist vorherrschende Textart ist. Daher sollen Sachtexte zum Vergleich herangezogen werden. Dafür werden jeweils eine fiktive Geschichte zu den Themen Alkalimetalle und Atombau entwickelt und untersucht, inwieweit sich das Lernen mit den fiktiven Geschichten im Vergleich zum Lernen mit inhaltlich identischen Sachtexten auf den Lernerfolg und das situationale Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Basierend auf dem kurz dargestellten theoretischen Hintergrund ergeben sich daher die folgenden Forschungsfragen:

- Inwieweit können Schülerinnen und Schüler mit fiktiven Geschichten besser unbekannte Fachinhalte erlernen als mit Sachtexten?
- Inwieweit führt das Lernen mit fiktiven Geschichten zu einem höheren situationalen Interesse im Vergleich zum Lernen mit Sachtexten?

Es wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler besser mit den fiktiven Geschichten als mit Sachtexten lernen können und dass das situationale Interesse beim Lernen mit den Geschichten erhöht ist.

Textdesign

Sowohl die fiktiven Geschichten als auch die Sachtexte enthalten zu den Themen Alkalimetalle und Atombau identische Inhalte. Die Gestaltung der Geschichten und Sachtexte unterscheidet sich jedoch in Bezug auf verschiedene Merkmale. Die zentralen Gestaltungsmerkale der Geschichten sind im Folgenden aufgelistet:

- Figuren/Protagonisten (Avraamidou & Osborne, 2009)
- Handlungsstrang (Fludernik, 2008)
- Ich-Erzählung (Genette, 2010)
- Alltags- und Fachsprache (Steffensky, Parchmann & Schmidt, 2005)
- Personifikation (Püttschneider & Lück, 2004)
- Analogie (Kleine, 1998)
- Diminutivsuffix -i (Dressler & Barbaresi, 1994)

Die Sachtexte hingegen enthalten keine dieser Gestaltungsmerkmale. Sie zeichnen sich durch die Fachsprache sowie man- und Passivkonstruktionen aus.

Studiendesign

Im Rahmen einer Interventionsstudie im Prä-Post-Follow-up-Design mit vier Experimentalgruppen sollen die fiktiven Geschichten in der 8. Jahrgangsstufe an Gymnasien im Vergleich zu Sachtexten evaluiert werden. Beide Textarten sind als Lernmaterialien in Kombination mit jeweils drei identischen Aufgaben zur eigenständigen Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler konzipiert worden, um eine intensive Beschäftigung mit den Fachinhalten zu gewährleisten. Zwei Gruppen erhalten die Geschichte, zwei weitere die Sachtexte. Innerhalb der zwei Gruppen wird die Reihenfolge der beiden Themen variiert, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Gruppeneinteilung anhand der Textarten und Themenreihenfolge

			Textart	**Reihenfolge der Themen**
Gruppe	A	A_1	Geschichte	Alkalimetalle / Atombau
		A_2		Atombau / Alkalimetalle
	B	B_1	Sachtext	Alkalimetalle / Atombau
		B_2		Atombau / Alkalimetalle

Der Lernerfolg soll mithilfe eines Fachwissenstests im Multiple-Choice-Single-Select-Format evaluiert werden. Zusätzlich werden halboffene Aufgaben und offene Aufgabenformate eingesetzt, um die Textproduktion der Schülerinnen und Schüler zu den gelernten Inhalten zu erfassen. So kann die Angemessenheit der Fachsprache der Schülerinnen und Schüler in den Blick genommen werden. Das situationale Interesse wird mithilfe eines Fragebogens von Fechner (2009) erfasst. Als Kontrollvariablen werden die aktuelle Motivation (FAM: Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001), die kognitiven Fähigkeiten (N2: Heller & Perleth, 2000), die Lesekompetenz (LGVT: Schneider, Schlagmüller & Ennemoser, 2007), das Fachinteresse (Fechner, 2009; Klos, 2008), die

Bearbeitungszeit, die Deutsch- und Chemienote, das Geschlecht und die zu Hause gesprochene Sprache erhoben. Zudem wird die kognitive Belastung (Kalyuga, Chandler & Sweller, 1999; Paas, 1992) bei der Bearbeitung der Lernmaterialien erhoben, um Aufschluss darüber zu erhalten, ob sich die unterschiedliche Gestaltung der Texte unterschiedlich auf die kognitive Belastung bei der Bearbeitung des Materials auswirkt.

Ausblick

Die Interventionsstudie soll zunächst im Rahmen einer Pilotierung im Januar 2015 (N = 200) und anschließend in einer Hauptstudie im August/September (N = 400) stattfinden. Auf Grundlage der Ergebnisse kann dann eine Aussage gemacht werden, ob die fiktionalen Geschichten als neue Lernmaterialien für den Chemieunterricht geeignet sind.

Literatur

Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The Role of Narrative in Communicating Science. International Journal of Science Education, 31 (12), 1683-1707.

Dressler, W. U., & Barbaresi, M. (1994). *Morphogramatics. Diminutives and intensifiers in Italian, German and other languages.* Berlin [u.a.]: Moutoun de Gruyter.

Egan, K. (1988). Teaching as Story Telling. Chicago: University of Chicago Press.

Fludernik, M. (2008). Erzähltheorie: eine Einführung. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft.

Fechner, S. (2009). Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education. Berlin: Logos Verlag.

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

Hidi, S., & Berndorff, D. (1998). Situational interest and learning. In L. Hoffmann, A. Krapp, K. Renninger & J. Baumert (Hrsg.), *Interest and learning. Proceedings of the Seeon-Conference on interest and gender* (S. 74-90). Kiel: IPN.

Genette, G. (2010). Die Erzählung. Paderborn: Fink.

Glynn, S. (2007). The Teaching-With-Analogies Model. Science and Children, 52-55.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. Applied Cognitive Psychology, 13, 351-371.

Kaspar, L., & Mikelskis, H. F. (2008). Lernen aus Dialogen und Geschichten im Physikunterricht – Ergebnisse einer Evaluationsstudie zum Thema Erdmagnetismus. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 7-25.

Kleine, E. (1998). Chemie lernen mit Hilfe von Analogien am Beispiel des chemischen Gleichgewichts. Berlin: Logos Verlag.

Klos, S. (2007). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Berlin: Logos Verlag.

Martensen, M., Tietjens, K., & Parchmann, I. (2007). Storytelling eine Methode zur Kontextualisierung am Beispiel „Strom durch Chemie“. MNU, 60 (7), 410-415.

Negrete, A. (2003). Fact via Fiction – Stories that Communicate Science. Bath [Online], http://www.pantaneto.co.uk/issue12/negrete.htm [19.09.2014].

Paas, G. F. W. C. (1992). Training strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. Journal of Educational Psychology, 84 (4), 429-434.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). IQB - Ländervergleich 2012. Münster: Waxmann Verlag.

Püttschneider, M., & Lück, G. (2004). Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. Chemkon, 11, 167-174.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Potsdam [u.a.] [Online], URL:http://www.psych.unipotsdam.de/people/rheinberg/messverfahren/FAMLangfassung.pdf [11.09.2014].

Schekatz-Schopmeier, S., & Lück, G. (2011). Mit Fridolin den Dingen auf den Grund gehen – Storytelling als narrative Methode für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. MNU Primar, 3/4, 124-129.

Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project. An overview and key findings. In University of Oslo [online], URL: http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf [11.09.2014].

Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). LGVT 6-12 – Lesegeschwindigkeits- und verständnistest für die Klassen 6-12. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.

Steffensky, M., Parchmann, I., & Schmidt, S. (2005). Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte. Chem. Unserer Zeit, 39, 274-278.

Johanna Dittmar Universität Bremen
Dörthe Ostersehlt
Ingo Eilks

TEMI - Teaching Enquiry with Myteries Incorporated

Einleitung

In vielen Ländern wird immer wieder ein Mangel an Interesse und Motivation für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer beklagt, insbesondere in Physik und Chemie. Um dieser Entwicklung entgegen zu wirken, wurde das Projekt TEMI – Teaching Enquiry with Mysteries Incoporated ins Leben gerufen (www.teachingmysteries.eu).
TEMI wird im Rahmen des 7. Rahmenprogramms (FP 7) der Europäischen Kommission in der Kategorie „Kompetenz, Naturwissenschaft und Gesellschaft, Gemeinsame Innovation“ gefördert. Das Projekt umfasst 13 Partner aus 11 europäischen Ländern und konzentriert sich auf die Fortbildung von Lehrkräften der Naturwissenschaften, um ihren Unterricht durch forschendes Lernen effektiver zu gestalten. Das Projekt hat eine Laufzeit von 42 Monaten und läuft von 2013-2016.

Die TEMI - Philosophie

TEMI will über Lehrerfortbildungen vier grundlegende Innovationen implementieren, um das volle Potenzial forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht auszuschöpfen (Sherborne, 2014):

Das Wecken von Neugierde über Mysteries

TEMI verwendet unerwartete und unbekannte Phänomene – die Mysteries –, um das selbstgesteuerte Lernen sowie die Neugierde der Lernenden zu erhöhen und Herausforderungen zu schaffen. In TEMI verstehen wir unter einem Mystery ein Phänomen oder Ereignis, das bei den Lernenden das Empfinden von Spannung und Verwunderung provoziert. Das Ereignis soll ein emotional aufgeladenes "Ich will das wissen"-Gefühl hervorrufen, welches zur Steigerung von Neugierde und zum Aufwerfen von Fragen führt, die schließlich durch forschendes Lernen und problemlösendes Denken beantwortet werden können. Dabei sind kognitive Aspekte ebenso wichtig wie die affektive Seite, wodurch letztendlich die Begeisterung für den naturwissenschaftlichen Unterricht gesteigert werden soll.

Lehren und Lernen entlang des 5E-Modells

Die TEMI Aktivitäten umfassen fünf Schritte, in denen sich die Lernenden nach und nach zu selbstbewussten Forschern entwickeln sollen. Die einzelnen Phasen sind in Anlehnung an Bybee et al. (2006) wie folgt aufgebaut (Abb. 1):

- Engage: Präsentation eines Mysterys, um die Motivation/Aufmerksamkeit der Lernenden zu wecken und Hypothesen zu entwickeln
- Explore: Planung und Ausführung einer Untersuchung und sammeln von Beobachtungen und Beweisen
- Explain: Suchen und formulieren einer Erklärung auf der Grundlage wissenschaftlicher Konzepte
- Extend: Üben und Anwenden der erlernten Konzepte
- Evaluate: Bewertung des Lernprozesses

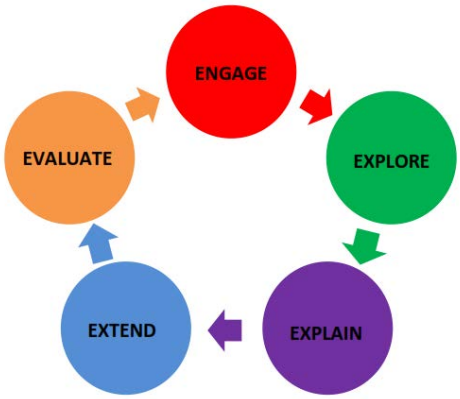


Abb. 1: 5E-Modell des forschend-entwickelnden Unterrichts

Unterrichten mit abgestufter Übergabe von Verantwortung an die Lernenden
TEMI beschreibt verschiedene Ebenen, in denen die Lehrkraft als Experte, Anleitender oder auch Trainer auftreten kann. Den Lehrkräften wird gezeigt, wie man den Lernprozess entsprechend der Fähigkeiten der Lernenden in einem forschend-entwickelnden Unterricht organisiert. Dabei sollen sie sich zunehmend aus dem Expertenstatus lösen und sich in die Rolle eines Beobachters begeben, der nur auf Aufforderung des Lernenden aktiv wird. Unterstützend hierfür werden Lehrmaterialien entwickelt, die offenes, geleitetes oder strukturiertes Lernen ermöglichen.

Motivierende Präsentation durch effektvolle Darbietungen
Innerhalb von TEMI kommt es zur Integration von Kommunikationsexperten (Schauspielern, Zauberern, Rhetorik-Experten, etc.), um Lehrkräfte zu unterstützen, Mysteries ansprechend und provozierend zu präsentieren. TEMI geht davon aus, dass eine effektvolle Darbietung die Aufmerksamkeit und Fragehaltung der Schülerinnen wecken und aufrechterhalten kann. Im Theater oder in Zaubershows gibt es verschiedene Präsentationstechniken, die auch im Unterricht eingesetzt werden können.

Eine Umsetzung am Beispiel "Magic Sand"
TEMI beschäftigt sich neben der Fortbildung von Lehrkräften auch mit der Erstellung von Lehrmaterialien. So entstand die Unterrichtsidee den „Magic Sand“ (sealsand.com, www.futuresand.de) zum Gegenstand von forschendem Lernen zu machen. Die Materialien werden in einer Kooperation der TEMI-Partner aus Israel (Weizmann Institut of Science) (Katchevich, et al. 2014) und Deutschland (Universität Bremen) ausgearbeitet.
Magic Sand ist gewöhnlicher Sand, dessen Oberfläche mit einer Beschichtung versehen wurde. Diese Beschichtung verleiht dem Sand einen hydrophoben (wasserabweisenden) Charakter, wodurch ein verblüffendes Verhalten entsteht. So wird der Sand unter Wasser nicht nass und klumpt zusammen. Wird er dem Wasser entnommen, ist er sofort wieder trocken. Aus diesem Grund lässt sich der Sand nicht nur im Hochwasserschutz und in der Industrie nutzen, sondern auch, um Sandburgen unter Wasser zu formen.
Phänomene wie das Verhalten des magischen Sandes sind typisch für TEMI Aktivitäten, da sie ungewöhnlich und geheimnisvoll erscheinen. Das Verhalten des Magic Sands widerspricht dem erwarteten Verhalten von gewöhnlichem Sand, wodurch eine Provokation der Lernenden erfolgt, die daraufhin das Phänomen lösen wollen.
Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten das Mystery im ersten Schritt „Engage“ zu präsentieren, um bei den Lernenden Neugierde, Interesse und Motivation auszulösen. So kann man

die Gemeinsamkeiten mit dem herkömmlichen Sand nutzen, um eine rätselhafte Geschichte zu erzählen oder um eine Demonstration eines Unterwasserschlosses zu zeigen. Beim Bau der Sandburg unter Wasser (ORF Kinderprogramm, 2014) müssen die Lernenden dies gut beobachten, um es hinterher mit gewöhnlichem Sand zu probieren. Dabei werden die Schüler merken, dass die Sandburg aus normalem Sand unter Wasser zerfällt. Dieses Ergebnis provoziert die Frage, worin der Unterschied zwischen den beiden Sandsorten liegt.
Nun werden jeder Schülergruppe zwei Proben des magischen und des gewöhnlichen Sandes gegeben, um dessen Verhalten unter bzw. über Wasser zu untersuchen. In dieser Phase „Explore“ beginnen die Schülerinnen und Schüler dieses besondere Material spielerisch zu untersuchen. Hier können den Lernenden Hilfsmittel an die Hand gegeben werden, die je nach Leistungsstand der Lerngruppe geleitet oder strukturiert gestaltet sein können. Diese geben zum Beispiel Ideen vor, einen genaueren Blick auf die Oberfläche des Sandes zu werfen oder das Verhalten in Wasser bzw. nicht wässrigen Flüssigkeiten zu untersuchen. So entsteht eine Überleitung zum nächsten Schritt „Explain“. Die Lernenden erkennen, dass der hydrophobe Charakter der Grund für das ungewöhnliche Verhalten des Sandes ist und dieser dementsprechend mit einer hydrophoben Oberfläche beschichtet sein muss.
Anschließend findet eine Erweiterung oder Vertiefung „Extend“ statt. So lässt sich hier beispielsweise eine Verknüpfung zum Umweltschutz oder zu technischen Prozessen herstellen, in denen der hydrophobe Sand verwendet wird. Hier wäre eine Internetrecherche denkbar.
Zum Schluss wird in der „Evaluate“-Phase geprüft, ob die Lernenden ein Verständnis für das wissenschaftliche Konzept, das sich hinter dem Magic Sand verbirgt, aufgebaut haben. Hier könnten weitere Anwendungen des Magic Sands erarbeitet oder das Konzept des hydrophoben bzw. hydrophilen Verhaltens des Sandes in einem anderen Kontext angewendet werden.

Ausblick

Im TEMI Projekt werden von den Partnern intensive Fortbildungsprogramme in Mailand (Italien), Bremen (Deutschland), Limerick (Irland), Sheffield (UK), Leiden (Niederlande), Prag (Tschechische Republik), Rehovot (Israel), Wien (Österreich) und Borre Vestfold (Norwegen) organisiert. Die Fortbildungen finden an zwei vollen Tagen statt und umfassen verschiedene Aktivitäten. Die Unterrichtsmaterialien werden in den lokalen Sprachen entwickelt, zwischen den Partnern ausgetauscht und übersetzt. Es entstehen weitere Medien, wie zum Beispiel eine Smartphone-App. Zudem finden interne und externe Evaluationen statt, die die Auswirkungen von TEMI untersuchen.

Literatur

Bybee, R., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., Landes, N. (2006*). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS. Retrieved from: bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf (25/05/2014).

ORF Kinderprogramm (2014). *Eierspeisen in der Schale und Sandburg im Wasser*. okidoki.orf.at/dateien/25102_Experimente_Genau08_Eierspeise_in_der_Schale_und_Sandburg_im_Wasser.pdf (25/05/2014).

Sherborne, T. (2014). *Enquiry & TEMI CPD*. www.teachingmysteries.eu/wp-content/uploads/2013/12/Enquiry-CPD.pdf (25/05/2014).

Katchevich, D., Yayon, M.,Peleg, R., Rachel Mamlok-Naaman (2014). *The sea-sand overseas*. http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/temi/chomarim4.html (25/05/2014).

Patrick Löffler Universität Koblenz-Landau
Alexander Kauertz

Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben

Kontext erfordert die Anwendung fachspezifischer Modelle zur Aufgabenlösung (Heller, 1992) und hat einen positiven Einfluss auf das Interesse (Bennet et. al., 2007). Es gibt jedoch widersprüchliche Ergebnisse für die Wirkung auf die Lernleistung: Aufgabenbezogene Motivation kann Aufmerksamkeit von Schlüsselwissen ablenken (Taasoobshirazi & Carr, 2008); Tsai (2000) findet dagegen Hinweise auf eine Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses. Löffler und Kauertz (2014) untersuchen, wie Lernende physikalische Modelle in Kontextaufgaben nutzen. Eine naiv-realistische Modellnutzung (vgl. Mikelskis-Seifert, 2006) führt in der Studie seltener zu konstruktiven Aussagen als eine Modellnutzung, die die Unterschiede zwischen Oberflächenmerkmalen der Problemsituation und Merkmalen des physikalischen Modells berücksichtigt (Abb. 1).

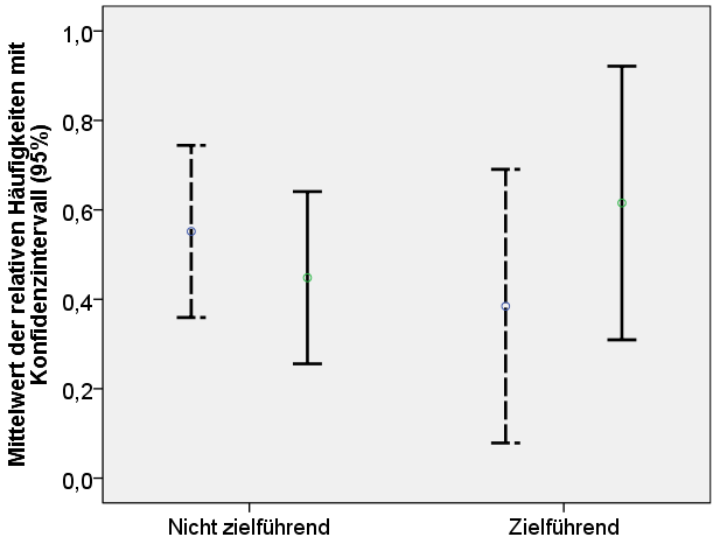


Abb.1: Schüleraussagen im Problemlöseprozess unter Berücksichtigung von: Oberflächenmerkmalen (– – – –) und Kombination von Oberflächenmerkmalen und Merkmalen des physikalischen Modells (———).

Die Forschungsfrage ist daher, welche Kontexteigenschaften eine zielführende Kombination von Situationsmodell (Reusser, 1995) und physikalischem Modell erleichtern. Man kann vermuten, dass das Identifizieren der physikalisch relevanten Informationen diese Kombination unterstützt und dadurch zu höheren Leistungen im Problemlöseprozess führt.

Dazu wurden neue Konstrukte definiert:
Transparenz beschreibt Eigenschaften der Aufgabe, die die Kombination von Oberflächenmerkmalen der Problemsituation mit Merkmalen des Modells begünstigen sollen. Dazu gehören z. B. passende bzw. unpassende Fachbegriffe, fachwissenschaftliche Prinzipien oder auch Themengebiete mit mehr oder weniger Ähnlichkeiten zwischen der

Struktur der Oberflächenmerkmale und der des physikalischen Modells (Löffler & Kauertz, 2014).
Kontextualisiertheit beschreibt die Problemsituation. Als niedrig kontextualisiert gelten Probleme innerhalb physikalischer Modelle, bei denen nahezu keine physikalisch irrelevanten Eigenschaften der vorkommenden Objekte/Phänomene genannt werden und die allenfalls wenig mehr Objekte/Phänomene enthalten, als zur Beschreibung des Problems nötig sind. Als hoch kontextualisiert gelten dagegen Probleme, die reale Objekte oder Phänomene beinhalten, aus deren vielfältigen Eigenschaften diejenigen identifiziert werden müssen, die zur Lösung des Problems relevant sind.
Komplexität (Kauertz, 2008) beschreibt die Anzahl der physikalischen Fakten bzw. Zusammenhänge der Lösung des Problems.

Design
Die Studie wird mit 211 Zehntklässlern der gymnasialen Mittelstufe durchgeführt (106m, 105w, durchschnittl.15,4 Jahre). Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten jeweils eine von acht Varianten einer Aufgabe aus der Thermodynamik (Löffler & Kauertz, 2014). Die Variablen Transparenz, Kontextualisiertheit und Komplexität können die Ausprägungen *hoch* bzw. *niedrig* annehmen (2x2x2 – Design). Als Kovariate werden kognitive Fähigkeiten sowie konzeptuelles Vorwissen gemessen. Dabei kommen Subskalen des IST 2000R (Liepmann, Beauducel, Brocke & Amthauer, 2007) und eine ins Deutsche übersetzte Version des „Thermal Concept Evaluation"-Tests (Yeo & Zadnick, 2001) zur Anwendung. Die Leistung im Problemlöseprozess wird mit einem adaptierten Fragebogen im „Offene Antwort" – Format gemessen (Charles et. al., 1987). Die dazu entwickelten Items sind vierstufig ordinalskaliert und vorgegebenen Schritten im Problemlöseprozess nachempfunden:
- Item 1: Problem verstehen
- Item 2: Bedingungen/Variablen identifizieren
- Item 3: Auswahl begründen
- Item 4: Lösungsvorschlag formulieren
- Item 5: Lösungsvorschlag durchführen
- Item 6: Plausibilitätsprüfung

Vorläufige Ergebnisse und Diskussion
Als Beurteiler werden erfahrene Physiklehrer ausgewählt. Die Beurteilerübereinstimmung ist bisher bei den Items 1 bis 4 überprüft (Abb. 2). Dabei fällt auf, dass bei Item 3 eine deutlich geringere Übereinstimmung zwischen den Beurteilern vorliegt. Als Ursache kann zum einen die geringe Praxiserfahrung in der Bewertung von Begründungen in Betracht gezogen werden (Lernende müssen selten Aussagen begründen), zum anderen bietet das Testformat nur begrenzten Umfang zur Darstellung. In der Folge kann oft nicht eindeutig bestimmt werden, was die Intention der Schülerinnen und Schüler ist. Die Item-Schwierigkeit ist bei Item 4 auffallend niedrig (Abb. 2). Hier sind unterschiedliche Varianzquellen näher zu untersuchen (Lerner, Item und Beurteiler). Denkbar ist z. B. eine strengere Bewertung aufgrund des geringeren Beurteilungsspielraums. Dies könnte auch die hohe Beurteilerübereinstimmung bei diesem Item erklären. In Betracht gezogen werden muss auch eine mögliche generelle Schwierigkeit bei der zielführenden Nutzung der zuvor gewonnenen Ergebnisse im Problemlöseprozess, etwa durch mangelnde Erfahrung in der schrittweisen, systematischen Lösung von Problemen. Allgemein wäre durch die vorgegebene Struktur ein Abfallen der Item-Schwierigkeit zu erwarten, da das Formulieren eines zielführenden Lösungsvorschlages schwer vorstellbar ist, ohne zuvor das Problem verstanden bzw. wichtige Variablen identifiziert zu haben (Reihenfolge-Effekt). Die

Trennschärfe ist bei den bisher getesteten Items durchgehend gut. Zusammenfassend kann daher zum jetzigen Zeitpunkt an allen Items festgehalten werden.

Maß	Item 1 (n=47)	Item 2 (n=49 bzw. 143)	Item 3 (n= 49 bzw. 140)	Item 4 (n= 49)
Kappa	.68 - .76	.82 - .84	.31 - .40	.79 - .91
Kendall-Tau-b	.72 - .74	.89 - .92	.48 - .55	.92 - .97
Item-Schwierigkeit	.43	.61	.42	.29
Item-Skala-Korrelation ρ	.59	.46	.61	.52

Abb.2: Beurteilerübereinstimmung, Item-Schwierigkeit und Item-Skala-Korrelation. Alle Ergebnisse signifikant auf dem .001 - Niveau.

Literatur

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. Science Education, 91(3), 347–370. doi:10.1002/sce.20186

Charles, R., Lester, F. K., & O'Daffer, P. G. (1987). How to evaluate progress in problem solving (2nd ed.). NCTM "How to …" series. Reston, Va: National Council of Teachers of Mathematics.

Heller, P. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping.: Part 2: Designing problems and structuring groups. American Journal of Physics, 60(7), 637. doi:10.1119/1.17118

Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos.

Liepmann, D., Beauducel, A., Brocke, B. & Amthauer, R. (2007). Intelligenz-Struktur-Test 2000 R (2nd ed.). Göttingen; Wien u.a: Hogrefe Verl. f. Psychologie.

Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In C. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. (Strand 10, pp. 171–179). Nicosia, Cyprus. Retrieved from http://www.esera.org/media/esera2013/Patrick_Lo%CC%88ffler_19Dec2013.pdf

Mikelskis-Seifert, S. (2006). Im Physikunterricht modellieren: Modellmethode als epistomelogisches und didaktisches Konzept. In H. F. Mikelskis (Ed.), Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (pp. 120–138). Berlin: Cornelsen Scriptor.

Reusser, K. (1995). Vom Text zur Situation zur Gleichung: Kognitive Simulation von Sprachverständnis und Mathematisierung beim Lösen von Textaufgaben (Neudr.). Zürich: [s.n.].

Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A Review and Critique of Context-Based Physics Instruction and Assessment. Educational Research Review, 3(2), 155–167.

Tsai, C.-C. (2000). The effects of STS-oriented instruction on female tenth graders' cognitive structure outcomes and the role of student scientific epistemological beliefs. International Journal of Science Education, 22(10), 1099–1115. doi:10.1080/095006900429466

Yeo, S. & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. The Physics Teacher, 39(8), 496. doi:10.1119/1.1424603

Tim Storck LMU München
Raimund Girwidz

Pulsoximetrie als Alltagskontext für entdeckendes Lernen

Einleitung

Die nicht-invasive Messung der partiellen Sauerstoffsättigung S_PO_2[1] des Blutes durch das Verfahren der Pulsoximetrie (vgl. Kästle, Noller, Falk, Bukta, Mayer & Miller 1997) bietet ein interessantes Fallbeispiel für den Einsatz einer komplexen Alltagsanwendung im Physikunterricht. Anhand dieses Fallbeispiels sollen die Rollen des Kontextes sowie zentraler Teilkompetenzen aus dem Bereich Erkenntnisgewinnung untersucht werden (vgl. Wellnitz, Fischer, Kauertz, Mayer, Neumann, Anand, Sumfleth & Walpuski, 2012). Die technologische Komplexität wird dazu durch Elementarisierungen angemessen reduziert und ein Unterrichtskonzept mit kognitiven Hilfestellungen in geeignete Teilschritte gegliedert. Als Werkzeuge lassen sich dabei einsetzen: *Advance Organizer*, korrigierendes Feedback, kollaboratives Lernen, an die individuelle Lernsituation angepasste Hilfestellungen, verschiedene Repräsentationsformen, Orientierungen und Schrittgrößen passend zu Problemstellung und Vorwissen.

Theoretischer Hintergrund

Während ein rein ungeleitetes entdeckendes Lernen oft nicht zu gewünschten Lernergebnissen führt, lässt sich ein sinnvoll geleitetes entdeckendes Lernen in vielen Szenarien gewinnbringend im Unterricht einsetzen (Alfieri, Brooks & Aldrich, 2011). Kognitive Hilfestellungen können dabei die Lernenden in die Lage versetzen, auch komplexere Aufgaben zu bearbeiten, die ihnen andernfalls nicht zugänglich wären (de Jong, 2006). Weiterhin werden Anwendungen aus der realen Lebenswelt als wichtige Komponente naturwissenschaftlichen Unterrichts gesehen (Kobarg, Prenzel, Seidel, Walker, McCrae, Cresswell & Wittwer, 2011). Derartige Anwendungen zeichnen sich häufig durch größere technologische und physikalische Komplexität aus, sodass in diesen Fällen der Einsatz von kognitiven Hilfestellungen im Unterricht vielversprechend ist.

Realer medizinischer Kontext

Die Pulsoximetrie als medizinisch-physikalische Anwendung lässt sich in den Unterricht zur Atomphysik der Sekundarstufen I und II einordnen. Ein realistischer Kontext kann dabei helfen, den Umgang mit den oft abstrakten Modellvorstellungen der Atomphysik zu erleichtern. Darüber hinaus weckt der Kontext (z. B. eine dramatische Filmsequenz zur Höhenkrankheit beim Bergsteigen) Sachinteresse und kann als Lernanker vorteilhaft auf den weiteren Lernprozess in der Unterrichtseinheit wirken.

Zunächst soll der biologische und physikalische Hintergrund behandelt werden. Durch Gasaustausch und mithilfe der Pumpleistung des menschlichen Herzens gelangt Sauerstoff von der Lunge in das arterielle System des Blutkreislaufs und - gebunden an Hämoglobinmoleküle - zu den Zellen der übrigen Organe. Die relative Sättigung des Blutes mit Sauerstoff wird in der medizinischen Praxis oft als Indikator für die Sauerstoffversorgung der Organe gesehen. Neben einer Abhängigkeit des Sättigungswerts von Temperatur und *pH*-Wert ist vor allem jene vom Sauerstoff-Partialdruck P_{O2} zu nennen (Abb. 1). Entsprechend erhält die Messung der partiellen Sauerstoffsättigung in der Höhenmedizin ihre Bedeutung. (Andere relevante Bereiche liegen in der operativen

[1] S_PO_2 bezeichnet den pulsoximetrisch bestimmten partiellen Sauerstoffsättigungswert.

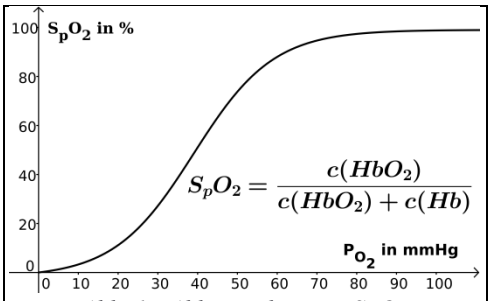


Abb. 1 : Abhängigkeit von S_PO_2 (Oxyhämoglobin HbO_2 im Verhältnis zu HbO_2 und Deoxyhämoglobin Hb) von P_{O2}

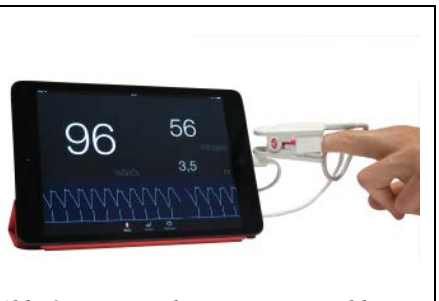


Abb. 2: Fingerpulsoximeter am Tablet mit Anzeige von S_PO_2, Puls und Plethysmogramm

Medizin, in der Notfallmedizin sowie bei den Krankheitsbildern der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung und der Schlafapnoe). Das Verfahren der Pulsoximetrie ermöglicht im Vergleich zur (exakteren) Blutgasmessung eine nicht-invasive Messmethode, die S_PO_2-Werte zeitnah in oft ausreichender Näherung liefert. Im Unterricht setzt die Betonung des Messvorgangs und des Arbeitens mit Graphen bereits in der Einführungsphase des Kontexts Lernanker für spätere Schritte.

Erarbeiten grundlegender Gesetzmäßigkeiten

Die Verwendung eines transmittierend arbeitenden Finger-Pulsoximeters, bei dem Licht einer roten und einer IR-LED durch einen Finger gestrahlt und das transmittierte Signal jeweils mithilfe einer Fotodiode gemessen wird, bietet im Unterricht Anschaulichkeit bei günstigen Anschaffungskosten (Abb. 2). Nach ersten Messungen mit dem Gerät wird dessen Aufbau näher untersucht. Wichtige Komponenten (pulsierendes Lichtsignal, Verwendung von rotem Licht, Abschirmung von Umgebungslicht, EDV-Einheit und Anzeige der Werte für prozentuale Sättigung und Puls sowie des Plethysmogramms) werden möglichst genau beschrieben. Schemazeichnungen, Animationen und Fotomaterial helfen, Vorstellungen zu korrigieren und zu festigen und legen den Grundstein für weitere Erkenntnisschritte.

Das Arbeiten mit einem Fotospektrometer oder einer von Umgebungslicht ausreichend abgeschirmten Anordnung aus einfachen Schaltungen mit Farb- bzw. IR-LEDs als Signalquellen, Küvetten mit Farblösungen verschiedener Konzentrationen und Farben sowie mit einer Fotodiode als Empfänger veranschaulicht das Bouguer-Lambertsche Gesetz. Die zu einer Wellenlänge gemessenen Intensitätswerte bei zunehmender Farbstoffkonzentration zeigen in einem Diagramm den typischen, exponentiell abklingenden Verlauf. Daneben wird die Abhängigkeit der Extinktionskoeffizienten von der Photonenenergie qualitativ deutlich. Die Einführung der Absorptionsrate ermöglicht den Übergang zu einer linearisierenden Darstellung. Durch Variieren der Küvettendicke lässt sich die Abhängigkeit von der Lichtweglänge untersuchen (Lambert-Beersches Gesetz).

Relevanter Signalanteil und Nutzung zweier LEDs

Die gewonnenen Erkenntnisse sind auf die S_pO_2-Messung im arteriellen Blut des Fingers übertragbar: der pulsierende Signalanteil kann so aus dem Gesamtsignal an der Fotodiode herausgefiltert werden. Die linearisierende Darstellung wird nun verwendet, um aus dem gefilterten und durch das Absorptionsvermögen von Hämoglobin dominierten Signal den S_PO_2-Wert zu ermitteln. Dazu werden die Absorptionsraten zu verschiedenen Wellenlängen betrachtet. Deren Verhältnis R ist unabhängig von der prinzipiell unbekannten Weglänge des Lichts im arteriellen System (Abb. 3).

Hinsichtlich der Wahl der Wellenlängen eignet sich ein Analogieversuch: in Wasser gelöster Farbstoff aus Blaukraut wird jeweils im chemisch neutralen (blaue Farbe) und sauren Bereich (rote Farbe) mit einem Fotospektrometer untersucht (Abb. 4). Die zum neutralen Blaukrautsaft zugegebene Essig- oder Zitronensäure steht in Analogie zum Sauerstoff, der über die Lunge in das hämoglobinreiche Blut gelangt (vgl. Kutschera, Dunlap, Byrd, Norlin,

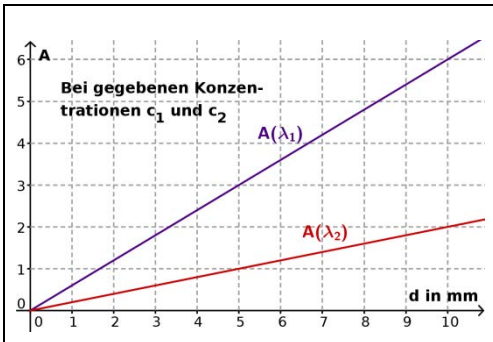


Abb. 3: Unabhängigkeit des Absorptionsraten-Verhältnisses R von der Länge des Lichtwegs

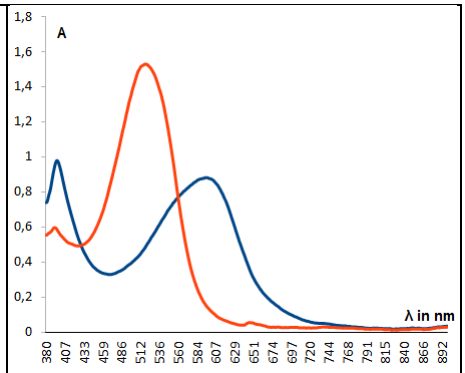


Abb. 4: Absorptionsraten für Blaukraut- und Rotkohlsaft abhängig von λ

& Widenhorn, 2013). In der EDV-Einheit des Pulsoximeters sind schließlich zu den verschiedenen *R*-Werten passende S_pO_2-Werte gespeichert. Anhand einer Tabelle oder eines Diagramms kann diese Zuordnung im Unterricht anschaulich gemacht werden.

Untersuchung

Ein an die Jahrgangsstufe adaptiertes Unterrichtskonzept zur Pulsoximetrie als Anwendung der Atomphysik in der Medizin wird als schrittweiser Guided-Discovery-Prozess mit Schülerinnen und Schülern in Bayern (Sekundarstufe I und II) im Winterhalbjahr 2014/15 im Rahmen einer Vorstudie durchgeführt. Fragestellungen der Untersuchung sind vor allem der Einfluss des Kontexts auf den weiteren Lernprozess und Lernerfolg und die Wirksamkeit der im Mathematisierungsprozess angebotenen Hilfestellungen für die Erkenntnisgewinnung.

Literatur

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of Educational Psychology, 103(1), 1–18.

De Jong, T. (2006). Scaffolds for scientific discovery learning. In Elen, J., & Clark, R. E. (Eds.). Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research. Emerald Group Publishing, 107–128

Kästle, S., Noller, F., Falk, S., Bukta, A., Mayer, E., & Miller, D. (1997). A New Family of Sensors for Pulse Oximetry, February 1997 Hewlett-Packard Journal, Article 7

Kobarg, M., Prenzel, M., Seidel, T., Walker, M., McCrae, B., Cresswell, J. & Wittwer, J. (2011). An International Comparison of Science Teaching and Learning – Further Results from PISA 2006 . Münster: Waxmann.

Kutschera, E., Dunlap, J. C., Byrd, M., Norlin, C., & Widenhorn, R. (2013). Pulse Oximetry in the Physics Lab: A Colorful Alternative to Traditional Optics Curricula. The Physics Teacher, 51(8), 495–497.

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A., Sumfleth, E. & Walpuski, M (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 8,261-291.

Nico Schreiber Universität Duisburg – Essen
Heike Theyßen

Experimentelle Fähigkeiten unterstützt durch Schülerselbstbeurteilungen diagnostizieren?

Problemstellung

Physiklehrkräfte sollen die experimentellen Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler fördern. Dazu werden Schülerexperimente eingesetzt. Voraussetzung für eine individuelle Förderung ist eine Diagnose experimenteller Fähigkeiten. Aber wie soll eine Lehrkraft die von den Schülerinnen und Schülern gezeigten experimentellen Fähigkeiten im Unterrichtsalltag zuverlässig diagnostizieren? Die Rahmenbedingungen für eine zuverlässige Diagnostik sind im Unterrichtsalltag ungeeignet. In der Regel experimentieren ca. 30 Schülerinnen und Schüler in Partner- oder Kleingruppenarbeit und es ist nur eine Lehrkraft im Klassenraum. Vorliegende Tests zur Diagnostik experimenteller Fähigkeiten bieten wenig Hilfestellung für eine formative Individualdiagnostik. Experimentaltests mit Realexperimenten oder Simulationen sind in Durchführung und Analyse sehr aufwändig, eine Diagnostik durch schriftliche Tests insbesondere im Bereich der Durchführung von Experimenten wenig valide (u. a. Schreiber, Theyßen & Schecker, 2014a). Im Unterrichtsalltag besteht die Möglichkeit die Versuchsprotokolle als Informationsquelle zur Diagnostik heranzuziehen (s. a. Prozessprotokolle, Emden & Sumfleth, 2012). Klassische Versuchsprotokolle geben gute Informationen über die Planung und die Auswertung eines Versuchs (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2014b, S. 200f). Aus den Versuchsprotokollen wird allerdings nicht deutlich, wie die Schülerinnen und Schüler tatsächlich beim Aufbauen und Messen vorgegangen sind. Beobachtungen der experimentellen Vorgehensweisen der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft müssen im Unterrichtsalltag in der Regel unsystematisch bleiben.

Selbstbeurteilungen beim Experimentieren

Um zuverlässiger die Fähigkeiten zur Durchführung eines Experiments diagnostizieren zu können, benötigen Lehrkräfte weitere Informationen. Als zusätzliche Informationsquelle bietet sich im Unterrichtsalltag die Schülerselbstbeurteilung an. Diese ist ein wesentlicher Bestandteil selbstregulierten Lernens.

Das auf den schulischen Kontext zugeschnittene Prozessmodell von Zimmerman (2002) gliedert den Prozess des selbstregulierten Lernens in einen Dreischritt. In der Phase der Vorüberlegungen geht es darum, Ziele zu setzen. Daran schließt die Handlungsphase an, in der Lernende sich selbst kontrollieren und beobachten. Durch einen Abgleich der Selbstbeobachtungen mit den eingangs festgelegten Zielen erfolgt dann in der Phase der Reflexion die Selbstbeurteilung. Mit der Selbstbeurteilung sind unterschiedliche Reaktionen verbunden, die dann wieder die Phase der Vorüberlegungen beeinflussen.

Im Kontext des Experimentierens können die Ziele oder Kriterien zur Beurteilung eines Experimentierprozesses durch eine Lehrkraft vorgegeben oder mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam erarbeitet werden. Diese Kriterien werden beispielsweise in einer Checkliste dokumentiert. Während der Handlungsphase wird das Experiment durchgeführt. In der Reflexionsphase reflektieren die Schülerinnen und Schüler auf Basis ihrer Selbstbeobachtungen die Qualität ihrer Performance beim Experimentieren. Dazu beurteilen sie, wie stark die eigene Performance den festgelegten Zielen genügt. Dabei ist die Selbstbeurteilung aufgabenspezifisch und bezieht sich ausschließlich auf die zuletzt selbst beobachtete Performance. Das unterscheidet diesen Typ der Selbstbeurteilung von anderen, wenn beispielsweise Kompetenzausprägungen mit sog. Kompetenzrastern beurteilt werden.

Abbildung 1 veranschaulicht den Prozess des selbstregulierten Lernens bezogen auf das Experimentieren.

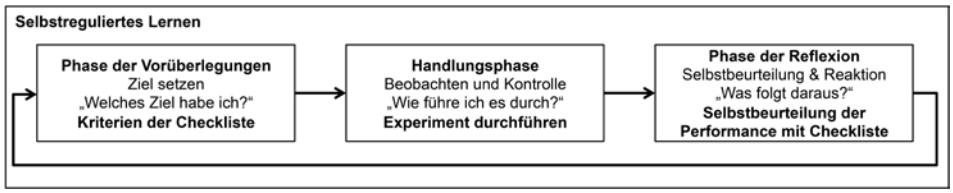


Abb. 1 Selbstreguliertes Lernen nach Zimmerman (2002) und Andrade (2010), hier bezogen auf das Experimentieren lernen (eigene Darstellung)

Außerdem ist davon auszugehen, dass die Fähigkeit zur Selbstbeurteilung von verschiedenen personenbezogenen Variablen beeinflusst wird. Schließlich legen die Komponentenmodelle des selbstregulierten Lernens (Überblick s. Thillmann, 2008, S. 16f) nahe, dass selbstreguliertes Lernen von verschiedenen personenbezogenen Variablen kognitiver, metakognitiver und motivationaler Komponenten beeinflusst wird. Beispielsweise zählen zu der motivationalen Komponente die aktuelle Motivation und die Selbstwirksamkeit, zu der kognitiven Komponente das Fachwissen und zu der metakognitiven Komponente die Erfahrung mit Selbstbeurteilungen.
Um Schülerselbstbeurteilungen zu erheben, bieten sich Checklisten an. Checklisten fordern die Schülerinnen und Schüler dazu auf, ihre eigene Performance beim Experimentieren mit konkreten Bewertungskriterien abzugleichen. Durch die Verwendung von aufgabenspezifischen Checklisten mit Ankerbeispielen wird die Zuverlässigkeit der Beurteilung erhöht (Jonsson & Svingby, 2007).
Zur Genauigkeit der Selbstbeurteilungen im Kontext des Experimentierens liegen bisher nur wenige Befunde vor. Diese deuten auf eine zufriedenstellende Genauigkeit von Selbstbeurteilungen hin (z. B. Stefani, 1994), können jedoch nicht unmittelbar auf die oben dargestellte Problemstellung übertragen werden.

Ziel und Forschungsfragen
Ziel der hier vorgestellten Studie ist, zu klären, ob Schülerselbstbeurteilungen mit einer Checkliste eine geeignete Informationsquelle zur Diagnostik der Performance beim Experimentieren, insbesondere für das Aufbauen und Messen, darstellen. Dazu ist zu überprüfen, ob die experimentierenden Schülerinnen und Schüler potenziell in der Lage sind, ihre eigene Performance beim Aufbauen und Messen zu beurteilen. Dies führt zur ersten Forschungsfrage:
F1: Wie hoch ist die Urteilsgenauigkeit der Schülerinnen und Schüler bei der Selbstbeurteilung der eigenen Performance beim Experimentieren?
Da davon auszugehen ist, dass verschiedene personenbezogenen Variablen die Fähigkeit zur Selbstbeurteilung beeinflussen, sollen in einer zweiten Forschungsfrage Prädiktoren für die Genauigkeit der Schülerselbstbeurteilungen identifiziert werden.
F2: Welche personenbezogenen Variablen sind Prädiktoren für die Genauigkeit der Schülerselbstbeurteilung?

Studie
Die Laborstudie gliedert sich in drei Phasen – Entwicklung, Pilotierung und Hauptstudie. In der Entwicklungsphase sind experimentell lösbare Aufgabenstellungen für Schülerexperimente zu entwickeln, die einerseits typisch für das selbstständige Experimentieren in der Schule sind und andererseits die in den Lehrplänen geforderten experimentellen Fähigkeiten abdecken. Anschließend sind aufgabenspezifische Checklisten

für die Selbstbeurteilung der Performance beim Experimentieren kriteriengeleitet zu entwickeln. Zusätzlich wird eine Begleiterhebung zusammengestellt, die aus etablierten und adaptierten Skalen zu möglichen Prädiktoren der Urteilsgenauigkeit besteht. Schließlich ist als Beurteilungsmaßstab ein Videomaß zu adaptieren, mit dem eine möglichst objektive Beurteilung der Schülerperformance möglich ist. Die Beurteilungskriterien des Videomaßes sind mit den Beurteilungskriterien der Checkliste identisch. An einer Stichprobe von 20 Schülerinnen und Schülern sollen die Denkprozesse bei der Selbstbeurteilung analysiert werden. Dann werden an einer weiteren Stichprobe von 40 Schülerinnen und Schülern Begleiterhebung, Aufgabenstellungen der Schülerexperimente, Checklisten und Videomaß pilotiert. Die Evaluation der Begleiterhebung betrifft die typischen Testgütekriterien. Für die Aufgabenstellungen und aufgabenspezifischen Checklisten ist zu prüfen, ob sie ausreichend Varianz erzeugen. Die beiden Aufgabenstellungen mit der größten Varianz werden für die Hauptstudie ausgewählt. Schließlich ist für das Videomaß die Objektivität der Beurteilungen durch Doppelkodierungen sicherzustellen. Das Ziel der Hauptstudie ist schließlich, die beiden Forschungsfragen zu beantworten. Dazu bearbeiten 120 Schülerinnen und –schüler die Vorerhebung und zwei Schülerexperimente. Die Schülerinnen und Schüler werden bei der Bearbeitung der Schülerexperimente gefilmt und anschließend mithilfe des Videomaßes durch geschulte Rater beurteilt. Nach jedem Schülerexperiment beurteilen die Schülerinnen und Schüler ihre eigene Performance selbst mit einer Checkliste. Die Selbstbeurteilung wird mit der Beurteilung auf Basis des Videomaßes verglichen und damit die Urteilsgenauigkeit für jeden einzelnen Probanden bestimmt (F1). Zur Beantwortung der F2 werden multiple lineare Regressionsanalysen durchgeführt.

Erwarteter Ertrag

Die Studie soll neue Erkenntnisse gewinnen zur Genauigkeit von Schülerselbstbeurteilungen beim selbstständigen Experimentieren. Außerdem sollen Prädiktoren für die Urteilsgenauigkeit der Schülerinnen und Schüler identifiziert werden. Wenn die Ausprägungen der Prädiktoren bei den einzelnen Schülerinnen und Schülern bekannt sind, könnten Lehrkräfte im Unterrichtsalltag Schülerurteile identifizieren, die potenziell genau genug sind, um zur Diagnostik experimenteller Fähigkeiten herangezogen zu werden. Damit würde das Projekt einen Beitrag zur Innovation der Diagnostik im Unterrichtsalltag liefern. Zusätzlich eröffnet es aber auch neue Möglichkeiten zur individuellen Förderung experimenteller Fähigkeiten.

Literatur

Andrade, H. (2010). Students as the Definitive Source of Formative Assessment: Academic Self-Assessment and the Self-Regulation of Learning. NERA Conference Proceedings 2010, Paper 25.

Emden, M. & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung des experimentellen Arbeitens. Zur Eignung einer Protokollmethode zur Bewertung von Experimentierprozessen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 65 (2), 68 – 75.

Jonsson, A. & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. Educational Research Review 2, 130 – 144.

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2014a). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 2014, doi: 10.1007/s40573-014-0017-1

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2014b). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Modell, Testverfahren und Analysemethoden. In A. Fischer, C. Hößle, S. Jahnke-Klein, H. Kiper, M. Komorek, J. Michaelis, V. Niesel & J. Sjuts (Hrsg.): Diagnostik für lernwirksamen Unterricht. Hohengehren: Schneider-Verlag, 200 – 214.

Stefani, L. A. J. (1994). Peer, Self and Tutor Assessment: Relative Reliabilities. Studies in Higher Education, 19 (1), 69 – 75.

Thillmann, H. (2008). Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. Theory Into Practice, 41 (2), 64 – 70.

Jenna Koenen Universität Duisburg-Essen
Sebastian Habig
Elke Sumfleth

Experimentunterstützte Lösungsbeispiele und der Split-Attention-Effekt

Ausgangslage
Die Ergebnisse von Koenen (2014) zum Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen in der Jahrgangsstufe 6 legen nahe, dass es durchaus Schwierigkeiten bei der Kombination von textbasierten Lösungsbeispielen mit *hands-on* Experimenten geben kann. Möglicherweise könnte es zu einem sogenannten Split-Attention-Effekt kommen. Dieser soll in der im Folgenden beschriebenen Studie genauer betrachtet werden.

Theoretischer Hintergrund
Von einer geteilten Aufmerksamkeit (*split-attention*) muss nach Kalyuga, Chandler und Sweller (1999) immer dann ausgegangen werden, wenn Lernende viele kognitive Ressourcen aufwenden müssen, um die Informationen aus zwei verschiedenen Informationsquellen miteinander zu integrieren. Die mentale Integration steht nicht direkt mit dem Lernen in Beziehung, sie ist vielmehr eine dem eigentlichen Lernprozess notwendige vorausgehende Handlung (Kalyuga, Chandler & Sweller, 1999). Wenn diese Aktivität jedoch so viele kognitive Kapazitäten in Anspruch nimmt, dass aufgrund der Limitierung des Arbeitsgedächtnisses, keine Ressourcen mehr für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung stehen, dann spricht man von einem sogenannten Split-Attention-Effekt, der im Sinne der *Cognitive Load Theory* (Chandler & Sweller, 1991) den Lernerfolg reduziert.

Forschungsfrage
In Bezug auf die experimentunterstützten Lösungsbeispiele, die aus einem textbasierten Lösungsbeispiel auf der einen Seite und einem *hands-on* Experiment auf der anderen Seite bestehen, ergibt sich demnach die Frage, ob es möglicherweise zwischen diesen beiden Medien zu einem Split-Attention-Effekt kommt.

Studiendesign und Forschungsmethoden
Um zu untersuchen, ob es möglicherweise zu einem Split-Attention-Effekt zwischen den beiden verschiedenen Informationsquellen kommt, wurden vergleichend in einem prä-post-Design zwei Gruppen implementiert. Das Studiendesign und die verwendeten Testinstrumente können im Detail der Tabelle 1 entnommen werden.

	Prä-Test	**Intervention**	**Post-Test**
EG 0	Interesse an Chemie (Klos, 2008; Fechner, 2009) Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten (Emden et al., im Druck; Wahser, 2007) Fachwissen (Koenen, 2014)	Lösungsbeispiele	Kognitive Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten (Emden et al., im Druck; Wahser, 2007) Fachwissen (Koenen, 2014)
EG 1		Experimentunterstützte Lösungsbeispiele	

Tabelle 1: Überblick über das Studiendesign und die eingesetzten Testinstrumente

In der einen Gruppe wurde mit zwei experimentunterstützten Lösungsbeispielen (EG 1) gelernt und in der anderen Gruppe mit identischen Lösungsbeispielen (EG 0) ohne *hands-on* Experimente. Die Lernzeit betrug 90 Minuten, in denen je zwei gleichartige Lösungsbeispiele bearbeitet wurden. Die eingesetzten Materialien thematisierten primär die naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen. Auf der fachinhaltlichen Ebene werden die Inhalte Stofftrennung und Oberflächenspannung thematisiert. Studienbegleitend wurden nach jeder Aufgabe darüber hinaus das chemiebezogene situationale Interesse (Fechner, 2009) der Schülerinnen und Schüler an der Aufgabe sowie die empfundene Aufgabenschwierigkeit und die investierte Denkanstrengung (Kalyuga et al., 1999; Paas, 1992) erfasst.

Ergebnisse

Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler (N = 85, 45.90 % weiblich) der Jahrgangsstufe 6 eines Gymnasiums waren im Schnitt 11.77 Jahre alt (SD = .45). Die Ergebnisse in Bezug auf das Wissen im Bereich des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens, das mithilfe des Strukturierungstests von Wahser (2007) erfasst wurde, zeigen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen $F(1,75) = 15.71$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .173$. Bei der Analyse handelt es sich um eine Kovarianzanalyse mit zwei Messwiederholungen, in deren Rahmen das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in diesem Bereich kontrolliert wurde. Das Vorwissen zeigt einen deutlich signifikanten Einfluss $F(1,75) = 187.32$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .714$.

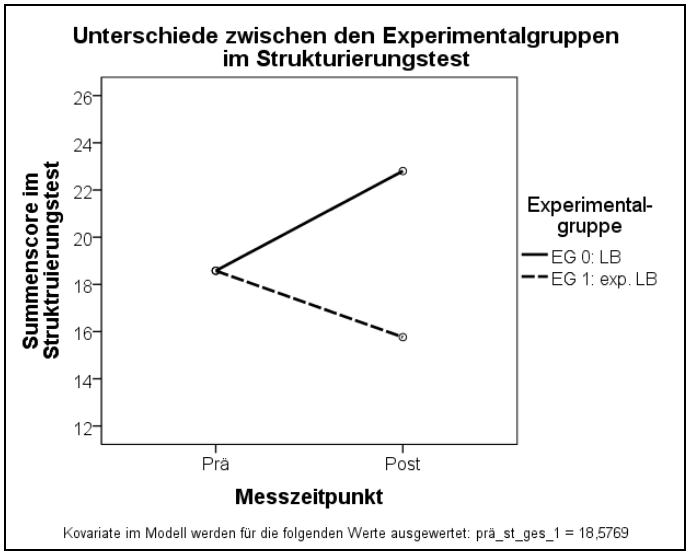


Abb. 1: Ergebnisse in Bezug auf den Strukturierungstest

In Bezug auf die empfundene Aufgabenschwierigkeit zeigen sich in beiden Aufgaben signifikante Unterschiede zwischen den Experimentalgruppen (Aufgabe 1: $t(77) = 3.37$, $p = .001$, $d = .755$; Aufgabe 2: $t(78) = 2.66$, $p = .010$, $d = .586$). Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Aufgabenschwierigkeit in der Experimentalgruppe 0, in der mit den rein textbasierten Lösungsbeispielen gelernt wurde, für beide Aufgaben als signifikant höher empfunden wurde. Bezüglich der investierten Denkanstrengung zeigen sich jedoch keine Unterschiede zwischen den Lernenden beider Experimentalgruppen.

Diskussion und Ausblick

Das Lernen mit einer Kombination eines textbasierten Lösungsbeispiels mit einem *hands-on* Experiment im Vergleich zum Lernen mit dem rein textbasierten Lösungsbeispiel erweist sich in Bezug auf den Erwerb von theoretischem Wissen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess als nachteilig. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die empfundene Aufgabenschwierigkeit in der rein textbasierten Gruppe signifikant höher eingeschätzt wird bei ähnlicher investierter Denkanstrengung. Dieses Ergebnis ist zunächst verwunderlich, da das Lösungsbeispiel in beiden Gruppen identisch war. Es zeigt aber auch, dass die Aufgabe offensichtlich durch das Vorhandensein des *hands-on* Experimentes als leichter empfunden wird, was aber trotz ähnlicher investierter Denkanstrengung nicht in einem erhöhten Lernerfolg resultiert. Diese Ergebnisse legen nahe, dass entweder der Fokus der Lernenden auf dem *hands-on* Experiment zu liegen scheint oder aber zwischen den beiden Medien geteilt ist, sodass der Fokus nicht mehr vollständig auf dem Lösungsbeispiel liegt, welches primär das für den Test relevante Wissen enthält. Die Ergebnisse legen demnach das Vorhandensein eines Split-Attention-Effektes zwischen diesen beiden Medien nahe. Dies bedeutet, dass zukünftig daran gearbeitet werden muss, die beiden Informationsquellen (Lösungsbeispiel und *hands-on* Experiment) besser miteinander zu integrieren, um die Schülerinnen und Schüler bei dem Wechsel zwischen diesen beiden Medien kognitiv zu entlasten, um erfolgreiches Lernen zu unterstützen und einen Split-Attention-Effekt zu reduzieren.

Literatur

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognititve Load Theory and the Format of Instruction. Cognition and Instruction, 8(4), 293-332.

Emden, M., Ferber, N., & Sumfleth, E. (im Druck). Zwischenbilanz der fachdidaktischen Arbeit im Fach Chemie und im Bereich des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. In H. Wendt & W. Bos (Hrsg.), Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium. Erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt „Ganz In - Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW“ (S. 477–506). Waxmann Verlag GmbH.

Fechner, S. (2009). Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 95. Berlin: Logos.

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

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. Applied Cognitive Psychology, (13), 351–371.

Klos, S. (2008). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 89. Berlin: Logos.

Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 171. Berlin: Logos.

Paas, G. F. W. C. (1992). Training strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. Journal of Educational Psychology, 84(4), 429–434.

Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 73. Berlin: Logos.

Simon Christoph IPN Kiel
Martin Schwichow
Hendrik Härtig

Hands-On- versus Multiple-Choice-Tests zur Messung von Variablenkontrollstrategie

Experimente sind „gezielte Fragen an die Natur, auf die bei geeigneter experimenteller Anordnung eine eindeutige Antwort erhalten werden kann“ (Demtröder, 1995, S. 1). Aus diesem Grund sind sie Wesensmerkmal der Naturwissenschaften und Standard der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Schulz & Wirtz, 2012). Die Vermittlung experimenteller Kompetenzen ist im Rahmen der naturwissenschaftlichen Bildung zentral (KMK, 2005). Als Teil experimenteller Kompetenzen ist die Variablenkontrollstrategie [VKS] aufgrund ihrer Verortung in allen Phasen des Experiments: der Planung, Durchführung und Auswertung bedeutsam. Die VKS setzt sich nach Chen & Klahr (1999) aus vier Teilkonstrukten zusammen (vgl. Abb 1).

Abb. 1. Differenzierte Betrachtung der Variablenkontrollstrategie (nach Chen und Klahr, 1999)

Die Vermittlung der VKS wurde in zahlreichen Interventionsstudien untersucht. Zwei Metaanalysen, welche die Befunde dieser Studien zusammenfassen, zeigen eine Effektabhängigkeit vom genutzten Testformat. Die Effektstärke fällt bei Studien mit Hands-On-Assessment größer aus als bei Studien, die Multiple-Choice-Tests nutzen. Ferner zeigt sich in Bezug auf die VKS-Teilkonstrukte eine Kopplung zwischen Testformat und gemessenem Teilkonstrukt. In MC-Tests wird nahezu ausschließlich das Teilkonstrukt *Identifizieren-(2)*, in Hands-On-Tests und Tests mit offenem Antwortformat überwiegend das Teilkonstrukt *Planen-(1)* erfasst. Die logischen Aspekte der VKS werden mehrheitlich nicht erfasst (Ross, 1988; Schwichow et al., 2014). Ziel dieser Studie ist es daher, einen VKS-Hands-On- und VKS-MC-Tests mit möglichst breiter und vergleichbarer Konstruktabdeckung und mit identischen Aufgabenkontexten zu entwickeln. Entsprechend ergeben sich folgende Forschungsfrage und das in Abb. 2 dargestellte Studiendesign.

Testtag 1 (90 min)	**VKS-Hands-On-Test**	**20.05.2014** **8a** (7:45 – 9:15 Uhr) **8b** (9:50 – 11:20 Uhr)	**21.05.2014** **8c** (7:45 – 9:15 Uhr) **8d** (11:00 – 12:30 Uhr)
Testtag 2 (90 min)	**KF-Test** **VKS-MC-Test** **Fachwissenstest**	**22.05.2014** **8a + 8b** (7:45 – 9:15 Uhr) **8c + 8d** (9:50 – 11:20 Uhr)	

Abb. 2. Studiendesign

Forschungsfragen
Inwieweit gelingt es, mit einem VKS-MC- und einem VKS-Hands-On-Test die Aspekte und Teilkompetenzen der VKS differenziert abzubilden und von konstruktfremden Fähigkeiten abzugrenzen?

Methoden
VKS-Hands-On-Test
Im Rahmen des VKS-Hands-On-Tests arbeiten die Probanden mit insgesamt vier Experimentierboxen zu den Themen Wärmestrahlung, elektrische Leitfähigkeit, Schmelzen von Eis und Elektromagnetismus. In den Boxen befinden sich mehr Materialien, als für ein kontrolliertes Experiment erforderlich sind. Die Probanden müssen selbstständig die Variablenausprägungen festlegen. Mit jeder Box sind zwei gegebene Hypothesen experimentell zu überprüfen. Dazu müssen die Probanden ein entsprechendes Experiment planen und mit den vorhandenen Materialien aufbauen. Der fertige Aufbau wird auf einem Foto festgehalten, welches anschließend zur Beurteilung der Leistung im Teilkonstrukt Planung-(1) herangezogen wird. Im weiteren Verlauf der Arbeit an der Experimentierbox notieren die Probanden ihre experimentellen Beobachtungen und stufen die gegebene Hypothese als richtig bzw. falsch ein. Ist ein Zusammenhang zwischen Beobachtung und Einstufung der Hypothese gegeben, so erhält der Proband einen Punkt im Teilkonstrukt Interpretieren-(3). Zuletzt werden die Probanden im Experimentierheft dazu aufgefordert, zu beschreiben, warum sie ganz sicher sein können, etwas über den vermuteten Zusammenhang herausgefunden zu haben. Wird im Rahmen der Beantwortung direkt oder indirekt auf die Notwendigkeit der Variablenkontrolle hingewiesen, so erhält der Proband einen Punkt im Teilkonstrukt inhärentes Verständnis-(4).
VKS-MC-Test
Der VKS-MC-Test besteht aus 12 Items zum Teilkonstrukt Identifizieren-(2) und jeweils 6 Items zu den Teilkonstrukten Interpretieren-(3) und inhärentes Verständnis-(4) mit je vier Antwortoptionen. Die Items haben dieselben Inhalte wie der VKS-Hands-on-Test. Als Kontrollvariablen wurden das Fachwissen (Selbstentwicklung) und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten nach Heller und Perleth (2000) erhoben.

Ergebnisse und Diskussion:
Die Datenerhebung fand in der achten Jahrgangsstufe einer Gemeinschaftsschule statt (N=91). Die internen Konsistenzen der genutzten Testinstrumente fallen wie folgt aus: VKS-Hands-On-Test ($\alpha = 0.7$), VKS-MC-Test ($\alpha = 0.75$), Fachwissenstest ($\alpha = 0.42$), KFT ($\alpha = 0.89$). Eine Teilstichprobe von 20 % der offenen Items wurden durch zwei Rater bewertet ($\kappa \geq 0.72$).

Abgrenzbarkeit von konstruktfremden Fähigkeiten
Um eine Aussage zur Abgrenzbarkeit treffen zu können, wurden die Korrelationen der Gesamtscores zwischen allen eingesetzten Tests berechnet. Alle Korrelationen zeigen sich bei einem Signifikanzniveau von $p < 0.05$ signifikant. Der Zusammenhang zwischen beiden VKS-Tests fällt am größten ($r = 0.54$) aus. Die Korrelationen mit dem *Fachwissensscore* zeigen sich moderat ($r \leq 0.43$), mit den *kognitiven Fähigkeiten* gering ($r \leq 0.29$). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch die VKS-Tests ein gleiches, von kognitiven Fähigkeiten und dem Fachwissen abgrenzbares Konstrukt erfasst wird.

Konstruktimmanente Betrachtungen
Um zu prüfen, ob sich durch die VKS-Test gleiche Teilkonstrukte der VKS abgrenzbar erfassen lassen, wurde eine Multitrait-Multimethod-Analyse durchgeführt (s. Abb. 3). Die Monotrait-Heteromethod-Korrelationen (gelb) fallen im Gegensatz zu den zugehörigen

Heterotrait-Korrelationen (grün) moderat und signifikant aus. Dies ist ein Indiz dafür, dass durch beide Tests die gleichen Teilkonstrukte 3 und 4 voneinander abgrenzbar erfasst werden.

		VKS-Hands-On-Test				VKS-MC-Test			
		1	2	3	4	1	2	3	4
VKS-Hands-On-Test	1	1							
	2								
	3	0.59*		1					
	4	0.14		0.11	1				
VKS-MC-Test	1	0.47*							
	2			0.48*	0.22*		1		
	3	0.29*		0.30*	0.06		0.38*	1	
	4	0.21*		0.18	0.43*		0.46*	0.17	1

Abb. 3. MTMM-Matrix

Der Zusammenhang zwischen den Teilkonstrukten 1 und 2 zeigt sich hoch (r = 0.47). Eine Ursache der hohen Korrelation könnte eine gerichtete Abhängigkeit sein. Probanden, die ein Experiment korrekt planen können, sind anscheinend in der Lage, ein solches auch zu identifizieren.

Ausblick

Der VKS-MC-Test wurde bisher im Rahmen einer Pilotierung und der vorgestellten Studie in der 7., 8. und 9. Jahrgangsstufen eingesetzt. Die Daten weisen auf eine in den Teilkonstrukten differenzierte Fähigkeitszunahme hin. Zwecks weiterer Untersuchung der Lernentwicklung wird der VKS-MC-Test als Online-Test adaptiert und um Items zur Messung des Teilkonstrukts Planung-(1) erweitert. Der VKS-Online-Test soll nach Fertigstellung in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 eingesetzt werden.

Literatur

Chen, Z.; Klahr, D. (1999): All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. In: Child Development 70 (5), S. 1098-1120.

Demtröder, W. (1995): Experimentalphysik. Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch).

Heller, K. A.; Perleth, C. (2000): Kognitiver Fähigkeitstest - Manual. für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen.

KMK (2005): Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12. 2004. München: Wolters Kluwer Deutschland

Schulz, A.; Wirtz, M. (2012): Analyse kausaler Zusammenhänge als Ziel des Experimentierens. In: Werner Rieß, Markus Wirtz, Bärbel Barzel und Andreas Schulz (Hg.): Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann, S. 39–56.

Schwichow, M.; Croker, S.; Zimmerman, C.; Höffler, T. N.; Härtig, H. (2014): Teaching the Control-of-Variablles Strategy: A Meta Analysis: Zur Veröffentlichung eingereicht.

Martin Dickmann[1]
Bodo Eickhorst[2]
Heike Theyßen[1]
Horst Schecker[2]
Knut Neumann[3]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Bremen
[3]IPN Kiel

Testinstrument für experimentelle Kompetenz: Einfluss des Testformats auf konstruktbezogene Denkprozesse

Einleitung

In dem vom BMBF geförderten Verbundprojekt „Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments“ wird ein Testinstrument entwickelt, das eine valide Messung der Fähigkeiten zur Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten bei Schülerinnen und Schülern[1] am Ende der Sekundarstufe I im Large Scale ermöglichen soll. Das Testinstrument besteht aus Units mit unterrichtsnahen experimentellen Aufgabenstellungen, die vollständig am Computer mit interaktiven Simulationen (on-screen) bearbeitet werden. Jede Unit besteht aus einem Aufgabenstamm mit einer übergeordneten experimentellen Aufgabenstellung und sechs Items zu verschiedenen experimentellen Teilkompetenzen. Die Entwicklung der Units wird durch umfangreiche empirische Validierungsstudien begleitet (vgl. Theyßen et al., 2013). In diesem Beitrag wird eine Studie vorgestellt, die den Einfluss des Testformats auf die konstruktbezogenen Denkprozesse bei der Testbearbeitung untersucht hat.

Motivation der Studie

Die bei der Bearbeitung der Units gezeigte Performanz soll im Sinne des angenommenen Konstrukts experimenteller Kompetenz (vgl. Eickhorst et al., im Druck) valide interpretierbar sein. Als eine notwendige Voraussetzung müssen während der Bearbeitung der Units konstruktbezogene Denkprozesse im Vordergrund stehen. Darunter werden in Anlehnung an von Aufschnaiter und Rogge (2010) alle physikalisch-experimentellen Überlegungen gefasst die sich entweder konkret auf die vorliegende experimentelle Aufgabenstellung beziehen oder sogar konzeptueller bzw. generalisierender Natur sind. Nicht-konstruktbezogene Denkprozesse (z. B. Überlegungen zur Computerbedienung) sollen dagegen für die Handlungen bei der Aufgabenbearbeitung nicht im Vordergrund stehen. In einem ersten Analyseschritt wurde von uns für das on-screen-Format untersucht, in welchem Umfang konstruktbezogene Denkprozesse bei der Bearbeitung der Units zur Anwendung kommen und welchen Anteil nicht-konstruktbezogene Denkprozesse einnehmen. Aus diesen Daten kann allerdings nicht unmittelbar darauf geschlossen werden, ob das on-screen-Format zu einem anderen Anteil konstruktbezogener Denkprozesse führt als eine Aufgabenbearbeitung im Realexperiment (hands-on). Die vorliegende Studie greift diese Frage auf. Hierzu werden die Verteilungen der Denkprozesse im on-screen-Format mit den Verteilungen im hands-on-Format verglichen. Die zentrale Fragestellung lautet: Hat das Testformat einen Einfluss auf den Anteil konstruktbezogener Denkprozesse?

Datenbasis und Analyseverfahren

Der Einfluss des Testformats auf die konstruktbezogenen Denkprozesse wurde exemplarisch anhand der Unit „Ausdehnung eines Gummibands“ untersucht. In dieser Unit sollen die Schüler die Vermutung überprüfen, dass die Ausdehnung eines Gummibands proportional

[1] Im Folgenden wird zur besseren Lesbarkeit nur noch der Begriff „Schüler“ verwendet. Gemeint sind weiterhin beide Geschlechter.

zur Masse der angehängten Gewichtsstücke ist (vgl. Schecker et al., 2013). Trotz der angestrebten Isomorphie der Anforderungen in beiden Testformaten zeigt sich, dass in der Oberflächenstruktur Unterschiede bzgl. der Handlungsmöglichkeiten zwischen Realexperiment und Simulation bestehen. Ein möglicher Einfluss des Testformats auf den Anteil konstruktbezogener Denkprozesse dürfte sich daher hier besonders deutlich zeigen. Zur Erfassung der Denkprozesse wurde die Methode des „Lauten Denkens" (Ericsson & Simon, 1993) eingesetzt. 40 Schüler bearbeiteten die Unit im on-screen-Format, 25 weitere Schüler im hands-on-Format. Die mittels Video bzw. Screenrecording aufgezeichneten Schülerbearbeitungen wurden zusammen mit den „Lautes-Denken-Protokollen" zeitbasiert analysiert (10s-Intervalle). Zur Analyse der on-screen Bearbeitungen hat Zirwes (2014) ein Kategoriensystem mit fünf Oberkategorien entwickelt (Tab. 1). Die Kategorie *physikalisch-experimentell* operationalisiert die eindeutig konstruktbezogen geäußerten Überlegungen der Schüler. *Reproduktive* Denkprozesse beziehen sich auf alle Äußerungen die sich auf die vorgelegte experimentelle Aufgabenstellung beziehen, aber keine neuen Gedanken des Schülers umfassen (z. B. Vorlesen der Aufgabenstellung, Formulieren einer Antwort). Die Kategorie *Computerbedienung* erfasst die nicht-konstruktbezogenen Äußerungen die sich auf das on-screen-Format beziehen, während alle weiteren nicht-konstruktbezogenen Äußerungen in der Kategorie *Sonstiges* zusammengefasst sind. Um einen Vergleich der den Äußerungen unterstellten Denkprozesse zwischen den Formaten zu ermöglichen, hat Türck (2014) das on-screen Kategoriensystem für die Analyse der hands-on Bearbeitungen, soweit sinnvoll möglich, übernommen. Da im hands-on-Format keine Äußerungen zur Computerbedienung zu erwarten sind, wurde diese Kategorie durch eine vergleichbare Kategorie *manueller Umgang* ersetzt (Tab. 1). Die dieser Kategorie zugeordneten Äußerungen beziehen sich auf das erforderliche manuelle Geschick und nicht auf physikalisch-experimentelle Überlegungen zur Bearbeitung der Unit. Diese Kategorie ist daher, analog zu *Computerbedienung*, den nicht-konstruktbezogenen Denkprozessen zuzuordnen.

Tab. 1:Kategorien zur Erfassung von Denkprozessen

	Kategorien				
on-screen	physikalisch-experimentell	Reproduktives	Computerbedienung	Sonstiges	keine Verbalisierung
hands-on			manueller Umgang		

Formateinflüsse wären insbesondere bei den Items mit hoher Interaktivität in der Simulation bzw. im Realexperiment zu erwarten. Die Analyse fokussiert daher auf die Items: *Vorgehensweise planen* (u. a. Geräte auswählen), *Versuch aufbauen*, *Messungen durchführen* sowie *Datenauswertung durchführen*. In die Analyse gehen nur Bearbeitungen mit einem Verbalisierungsanteil von über 50 % ein. Bei einem niedrigeren Verbalisierungsanteil wird davon ausgegangen, dass der Schüler seine Denkprozesse für eine Analyse in zu geringem Maße verbalisiert hat. Aufgrund dieses Kriteriums fließen in die Analyse je nach Item 35 bis 38 on-screen Bearbeitungen und 20 bis 23 hands-on Bearbeitungen ein. Für die Güte des Analyseverfahrens ergeben sich für das on-screen-Format ($Ø\ \kappa = .70$; $.64<\kappa<.77$) und für das hands-on-Format ($Ø\ \kappa = .78$; $.64<\kappa<.90$) zufriedenstellende Werte.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Anteile der Denkprozesse getrennt nach Items und Testformat. Den größten Anteil nehmen bei allen vier Items, unabhängig vom Testformat, physikalisch-experimentelle Denkprozesse ein. Es zeigt sich, dass der Anteil physikalisch-experimenteller Denkprozesse durch das Item ($F(3,225)=55,22$, $p<.001$, $\eta^2=.424$), nicht aber

durch das Testformat ($F(1,225)=2{,}58$, $p=.110$, $\eta^2=.011$) und nicht durch eine Interaktion von Item und Testformat ($F(3,225)=1{,}87$, $p=.135$, $\eta^2=.024$) beeinflusst wird.

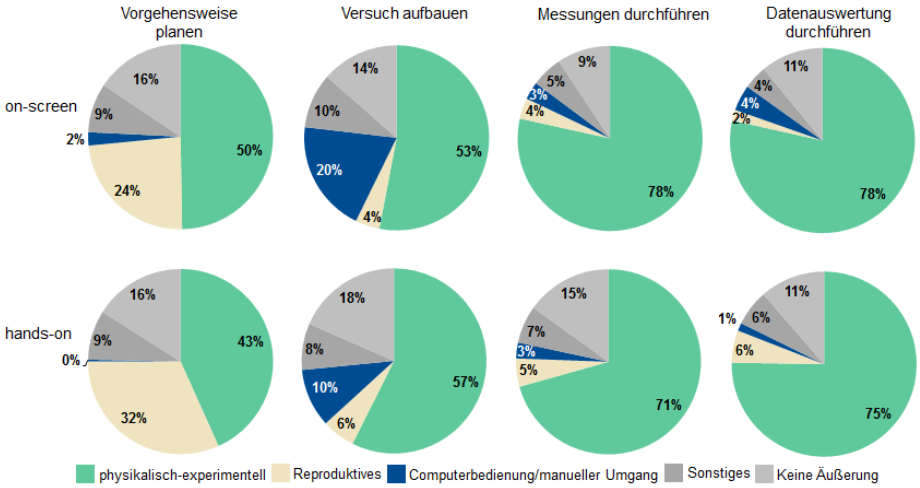


Abb.1: durchschnittliche Anteile der Denkprozesse nach Format und Item

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Testformat den Anteil konstruktbezogener Denkprozesse nicht beeinflusst. Dieser Befund ist - trotz der Tatsache, dass nur eine Unit exemplarisch untersucht wurde - ein weiteres Argument für die valide Interpretation der gezeigten Performanz, im Sinne experimenteller Kompetenz. Die konstruktbezogenen Denkprozesse können in Anlehnung an von Aufschnaiter und Rogge (2010) noch hinsichtlich ihrer Qualität unterschieden werden. Mit diesen Daten wird zum einen untersucht, ob das Format einen Einfluss auf die Qualität der Denkprozesse hat. Zum anderen wird geklärt, ob es einen Zusammenhang zwischen der Qualität der Denkprozesse und der Performanzqualität gibt. Für den in diesem Beitrag berichteten Einfluss des Items auf die konstruktbezogenen Denkprozesse, können die vertiefenden Analysen begründbare Erklärungsansätze liefern.

Literatur

Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyßen, H. & Neumann, K. (im Druck). Messung experimenteller Kompetenz im Large Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In: S. Bernholt (Ed.) Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

Ericsson, K.A. & Simon, H.A. (1993). Protocol Analysis. Verbal Reports as Data. London: The MIT Press

Schecker, H., Theyßen, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M (2013). Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments. Poster anlässlich der DPG-Frühjahrstagung in Jena 2013. URL: http://hyperion.didaktik.physik.uni-due.de/mek-lsa/publikationen/MeK-LSA_DPG2013_final.pdf (Stand: 14.10.2014)

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. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (pp. 596-598). Kiel: IPN.

Türck, V. (2014). Womit beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung einer Experimentieraufgabe? Unveröffentlichte Bachelorarbeit: Universität Duisburg-Essen.

Von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 95-114

Zirwes, S. (2014). Womit beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung eines Online-Experimentiertests? Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit: Universität Duisburg-Essen.

Nils Rohde Universität Duisburg-Essen
Kathrin Winterink
Maria Opfermann
Stefan Rumann

Blickbewegungen Studierender beim Betrachten von Fotografien chemischer Versuchsaufbauten

Das im Folgenden dargestellte Forschungsvorhaben untersucht Blickbewegungen Studierender bei der Betrachtung von Fotografien chemischer Versuchsaufbauten. Es handelt sich um eine explorativ-qualitative Studie, die zunächst klären soll, ob und – falls ja, welche – Unterschiede in den Blickbewegungen von Studierenden mit unterschiedlich hoher Expertise beobachtet werden können. Ziel ist die Generierung von Hypothesen, die in einer quantitativen Folgestudie überprüft werden können.

Theoretischer Hintergrund

In der psychologischen Forschung herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass im Langzeitgedächtnis in Form von Schemata gespeichertes Vorwissen jegliche Informationsverarbeitung des Menschen entscheidend beeinflusst (z. B. Renkl, 1996). Diese Beeinflussung beschränkt sich dabei nicht allein auf kognitive Prozesse im dem Langzeitgedächtnis unmittelbar vorgeschalteten Arbeitsgedächtnis. Schon früh beschrieben Atkinson und Shiffrin (1968), dass das Vorwissen bereits den Prozess der (visuellen) Wahrnehmung im Sinne einer Selektion von Informationen aus der Umwelt maßgeblich mitbestimmt. Auch Just und Carpenter (1976) postulierten schon früh einen Zusammenhang zwischen Blickbewegungen und kognitiven Prozessen. Entsprechend ist zu erwarten, dass sich Unterschiede im Vorwissen in der visuellen Wahrnehmung z. B. beim Betrachten von Bildern oder beim Lesen von Texten widerspiegeln. Moderne Eye-Tracking-Systeme erlauben die Erfassung und Quantifizierung von Blickbewegungen zur Erforschung solcher Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsprozesse. Die aus der Gedächtnisforschung abgeleitete Vermutung, dass sich die Expertise von Personen bereits auf deren selektive Wahrnehmung bei der Informationsaufnahme auswirkt, konnte in der Eye-Tracking-Forschung bereits in zahlreichen Studien an verschiedenartigen Stimuli, z. B. für Schachspielende, beobachtet werden (Antes & Kristjanson, 1991; Charness, Reingold, Pomplun & Stampe, 2001; Hannus & Hyönä, 1999; Humphrey & Underwood, 2010). Auch im Kontext der Naturwissenschaften konnten expertise-basierte Blickbewegungsunterschiede vielfach nachgewiesen werden (u. a. Canham & Hegarty, 2010; Sumfleth & Gnoyke, 1996; Voßkühler, 2010). Die Ergebnisse solcher Blickbewegungsforschung zeigen zum einen, *dass* die Wahrnehmung in der Tat vom Grad der domänenspezifischen Expertise beeinflusst wird und liefern außerdem Hinweise, *wie* sich die Wahrnehmung bei zunehmender Expertise verändert. Die Quantifizierung solcher Unterschiede beruht in den bisherigen Studien meist auf einzelnen Blickparametern, wie z. B. der Anzahl der Fixationen auf relevante Bereiche von eingesetzten Stimuli (Jarodzka, Scheiter, Gerjets & Van Gog, 2010). Komplexere Unterschiede in den Blickbewegungen werden oftmals deskriptiv mithilfe von Blickpfaden und so genannten Heatmaps visualisiert und interpretiert (Holmqvist, 2011). Möglichkeiten zur algorithmischen Unterscheidung von Blickpfaden werden u. a. bei Privitera und Stark (2000) beschrieben. Blickbewegungen und Blickbewegungsmuster werden jedoch nicht ausschließlich vom domänenspezifischen Vorwissen bzw. der Expertise determiniert. Erheblichen Einfluss auf die Blickbewegungen haben u. a. auch die gestellte Aufgabe, die Salienz des Stimulus sowie weitere individuelle Charakteristika von Personen (z. B. Einstellungen, Lernstrategiepräferenzen, …). Generell

findet sich in der Eye-Tracking-Forschung eine hohe Zwischensubjektvarianz hinsichtlich vieler Blickbewegungsparameter (Voßkühler, 2010).

Explorative Studie zur Generierung von Hypothesen
In einem ersten Schritt sollen durch den explorativen Zugang Hypothesen zu etwaigen Unterschieden in den Blickbewegungen generiert werden. Diese Hypothesen werden in einer Folgestudie überprüft.

Stichprobe
Für die Exploration wurden zwei Stichproben akquiriert. Stichprobe 1 ($N = 20$) bestand aus je 10 Novizen und Experten. Novizen waren hierbei Studierende, die Studiengänge belegen, in welchen kein Chemiepraktikum besucht wird; Experten waren Chemiestudierende höheren Semesters und studentische Hilfskräfte sowie Assistentinnen und Assistenten aus organisch-chemischen Laborpraktika. Stichprobe 2 ($N = 18$) bestand aus 18 Chemiestudierenden, die zu zwei Messzeitpunkten, unmittelbar vor und nach ihrem organisch-chemischen Anfängerpraktikum, getestet wurden (Prä-Post-Vergleich).

Messequipment (Hardware, Software) und präsentierte Stimuli
Die Blickbewegungsmessung wurde mithilfe des Remote Eye-Tracking-Systems RED500 der Fa. SMI durchgeführt, welches eine hohe Genauigkeit (0.4°) und Sampling-Geschwindigkeit (500 Hz) bei komfortabler Bewegungsfreiheit realisiert. Softwareseitig wurde die Messung und Auswertung vorrangig mittels der SMI Experiment Suite™ 360° ausgeführt. Für einzelne Analysen ist OGAMA, eine Open-Source-Softwarelösung zur Auswertung von Blickbewegungen, vorgesehen (Voßkühler, Nordmeier, Kuchinke & Jacobs, 2008). Als Stimuli für die Exploration dienten hochauflösende Fotografien von chemischen Versuchsaufbauten. Diese entstammten Versuchsvorschriften der Anfängerpraktika in der organischen Chemie und umfassten u. a. einfache und fraktionierende Destillationsapparaturen, Aufbauten für Extraktionen nach Soxhlet und Apparaturen zum Sieden unter Rückfluss. Um die visuelle Auffassungsfähigkeit zu überprüfen, wurden zusätzliche Stimuli aus „dem Alltag“ dargeboten.

Vorgehensweise
Die Teilnehmenden wurden zunächst kurz begrüßt, über den Ablauf informiert sowie über Besonderheiten der Eye-Tracking-Messung aufgeklärt. Dem Ausfüllen eines demographischen Fragebogens schloss sich die Positionierung der Teilnehmenden vor dem Eye-Tracking-Systems an. Es wurde eine 5-Punkt-Kalibrierung vorgenommen, ein Stimulus zur Eingewöhnung präsentiert und erneut kalibriert. Um die Daten später auch in Bezug auf weitere lernbezogene Indikatoren analysieren zu können, wurden die Teilnehmenden zudem gebeten, laut zu denken. Zu den Stimuli, die Versuchsaufbauten zeigten, wurde jeweils einer von zwei Aufgabentypen präsentiert: Entweder musste ein Gerät innerhalb des Aufbaus identifiziert oder ein Fehler im Versuchsaufbau gefunden werden. Zur Bearbeitung jedes der Bilder hatten die Studierenden jeweils 20 Sekunden Zeit.

Auswertung und erste Ergebnisse
In einem ersten Auswertungsschritt wurden die kumulierten Fixationszeiten und die Blickpfade mithilfe von Visualisierungen, u. a. Heatmaps aus SMI BeGaze™, auf Unterschiede untersucht. Zunächst wurden dabei alle Stimuli von der Analyse ausgeschlossen, deren zugehörige Aufgaben von Experten zu selten bzw. von Novizen zu häufig richtig gelöst wurden, d. h. zu leichte und zu schwere Aufgaben.
Wie angenommen, zeigen sich für beide Stichproben Blickbewegungsunterschiede in Abhängigkeit von der Expertise der Probandinnen und Probanden. Mit zunehmender

Expertise werden Geräte besser identifiziert und Aufbaufehler schneller gefunden. Die Prä-Post-Unterschiede fallen jedoch insbesondere für die Suche nach Aufbaufehlern geringer aus als im Experten-Novizen-Vergleich. Abbildung 1 zeigt aus den Rohdaten mit BeGaze™ berechnete Heatmaps für einen Stimulus, bei dem Aufbaufehler gefunden werden sollten (Sicherung von Destillationsvorstoß und –spinne fehlen).

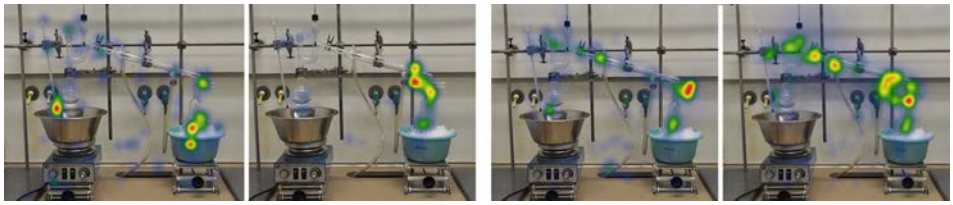


Abb. 1: Heatmaps - linkes Bilderpaar: Novizen vs. Experten, rechtes Paar: Prä vs. Post

Blickbewegungsunterschiede zeigen sich außerdem im Hinblick auf die anteilige Aufmerksamkeit, welche relevanten Bereichen (in denen üblicherweise Fehler auftauchen können), dem Zielbereich (Fehlerstelle) bzw. unwichtigen Bereichen durch Blicke gewidmet wird. Novizen fixieren häufiger irrelevante Bereiche als Experten, Experten hingegen richten ihre Aufmerksamkeit häufiger und länger auf relevante Bereiche einer Apparatur als Novizen. Darüber hinaus lösen die Studierenden nach ihrem Praktikum Fehlersuchaufgaben zwar häufiger richtig als vor dem Praktikum, jedoch insgesamt noch deutlich seltener als die Experten. Weitere Auswertungen, insbesondere der Blickpfade mittels algorithmischer Vergleiche, erste quantitative Vergleiche der Fixationszeiten und -häufigkeiten sind in Vorbereitung.

Literatur

Antes, J. R. & Kristjanson, A. F. (1991). Discriminating artists from nonartists by their eye-fixation patterns. Perceptual and motor skills, 73 (3 Pt 1), 893–894.

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In (Psychology of Learning and Motivation, Bd. 2, S. 89–195). Elsevier.

Canham, M. & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. Learning and Instruction, 20 (2), 155–166.

Charness, N., Reingold, E., Pomplun, M. & Stampe, D. (2001). The perceptual aspect of skilled performance in chess: Evidence from eye movements. Memory & Cognition, 29 (8), 1146-1152.

Hannus & Hyönä. (1999). Utilization of Illustrations during Learning of Science Textbook Passages among Low- and High-Ability Children. Contemporary educational psychology, 24 (2), 95–123.

Holmqvist, K. (2011). Eye tracking. A comprehensive guide to methods and measures. Oxford [u.a.]: Oxford Univ. Press.

Humphrey, K. & Underwood, G. (2010). The potency of people in pictures: evidence from sequences of eye fixations. Journal of vision, 10 (10), 19.

Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P. & van Gog, T. (2010). In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. Learning and Instruction, 20 (2), 146–154.

Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. Cognitive Psychology, 8 (4), 441–480.

Privitera, C. M. & Stark, L. W. (2000). Algorithms for defining visual regions-of-interest: comparison with eye fixations. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22 (9), 970–982.

Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), Emotionen, Kognitionen und Schulleistung (S. 175-190). Weinheim: Beltz.

Sumfleth, E. & Gnoyke, A. (1996). Blickbewegungen von Chemikern und Nichtchemikern beim Betrachten von fachlichen Abbildungen. Chimica didactica, 22 (2), 203–224.

Voßkühler, A., Nordmeier, V., Kuchinke, L. & Jacobs, A. (2008). OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer): Open-source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. Behavior Research Methods, 40 (4), 1150-1162.

Voßkühler, A. (2010). Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. Zugl.: Berlin, Freie Universität, Dissertation, 2010. Berlin.

Johannes Schulz Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer

Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten – Ergebnisse einer Präpilotierung

Nach der Entwicklung eines validierten Sachstrukturmodells zur Erfassung der Facetten des Themas Messunsicherheiten aus fachinhaltlicher Sicht auf Hochschulniveau und für die Sekundarstufe I (Hellwig, 2013; Glomski & Priemer, 2011) stellt sich die Frage, wie die darin angegebenen fachlichen Dimensionen und Konzepte für die empirische Erfassung durch einen Test operationalisiert werden können. Dazu sollen zu ausgewählten Dimensionen des Sachstrukturmodells – zum Beispiel „Ursachen der Messunsicherheit“ – Teilkompetenzen formuliert werden, die mithilfe von Testitems auf Basis der Item Response Theory erfassbar gemacht werden sollen. In einer empirischen Präpilotierung wurde untersucht, ob sich Items mit unterschiedlichen Schwierigkeiten formulieren lassen. Ziel der gesamten Arbeit ist die Bereitstellung eines Tests, mit dem einerseits die Teilkompetenzen zur Evaluation von Unterrichtskonzepten mit hoher Güte erfasst werden können und andererseits die (eventuell vom Sachstrukturmodell abweichende) Modellstruktur der Teilkompetenzen ermittelt werden kann.

Motivation und Ausgangslage

Obwohl das Thema „Messunsicherheiten“ nur sehr gering in die Rahmenlehrpläne der einzelnen Bundesländer implementiert ist (Hellwig, 2013), ist der Umgang mit Messunsicherheiten tragend für das Verständnis von Messprozessen und verdient in der didaktischen Diskussion und der Unterrichtspraxis u. E. mehr Aufmerksamkeit. Diese Arbeit möchte dazu beitragen, indem sie ein Instrument zur Diagnose der Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten zur Verfügung stellt.

Grundlage der Testentwicklung stellt dabei das validierte Sachstrukturmodell von Hellwig (2013) dar, das auf Hochschulniveau und für die Sekundarstufe I das Themenfeld „Messunsicherheiten“ in seinen Fachinhalten sehr feingliedrig und detailliert darstellt. Exemplarisch wird hier die Feinstruktur des Bereiches „Grundsätzliche Existenz der Messunsicherheiten“ darstellt (vgl. Abb. 1).

Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten		
Ursachen der Messunsicherheit	Endlichkeit der Darstellungen	
	Einflussgrößen	Rückwirkung der Messanordnung
		Umwelteinflüsse
		Unvollkommenheit der Messgeräte
	Mathematische Operationen	
	Faktor „Mensch“	
Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und Messabweichung	Definition und Eigenschaften der Messabweichung	Systematische Messabweichungen
		Zufällige Messabweichungen
	Definition und Eigenschaften der Messunsicherheit	

Abb. 1: Auszug aus Hellwig, 2013

Forschungsfragen

Aus der dargestellten Ausgangslage lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

- Inwiefern lassen sich Elemente des Sachstrukturmodells in Form von Teilkompetenzen beschreiben, operationalisieren und messen?
- Welche Elemente des Sachstrukturmodells bilden auf der Basis empirischer Daten eine (gemeinsame) Kompetenzdimension?
- Wie lassen sich ggf. solche (gemeinsamen) Kompetenzdimensionen inhaltlich interpretieren und inwiefern stimmen sie mit den Kategorien des Sachstrukturmodells überein?

Präpilotierung

Bevor ausgewählte Testitems von Fachexperten validiert und mit Probanden pilotiert werden können, wurde ein grundsätzliches Problem adressiert:

Es ist aufgrund der derzeitig sehr geringen Implementierung des Lerninhaltes „Messunsicherheiten“ in den Rahmenlehrplänen der Bundesländer innerhalb der Schülerschaft nur wenig Differenzierung in den Kompetenzen zu erwarten. Sind wir daher im Rahmen einer zukünftigen Passung des Tests prinzipiell mit unseren Items in der Lage, das gegebene Kompetenzniveau zu erfassen und auch differenzieren?

Um diese Frage zu klären, führten wir eine Präpilotierung von insgesamt 28 Testitems aus dem Bereich „Ursachen der Messunsicherheit“ durch. Es handelte sich um 10 Items aus dem Bereich „Umwelteinflüsse“, 8 Items aus dem Bereich „Faktor Mensch“ und 10 Items aus dem Bereich „Endlichkeit der Darstellung“.

Diese Items wurden von insgesamt 124 Schülerinnen und Schülern an Berliner Oberschulen der Klassenstufe 8-12 bearbeitet. Der Test enthielt in der Mehrzahl „Multiple Choice Items“, aber auch offene Antwortformate.

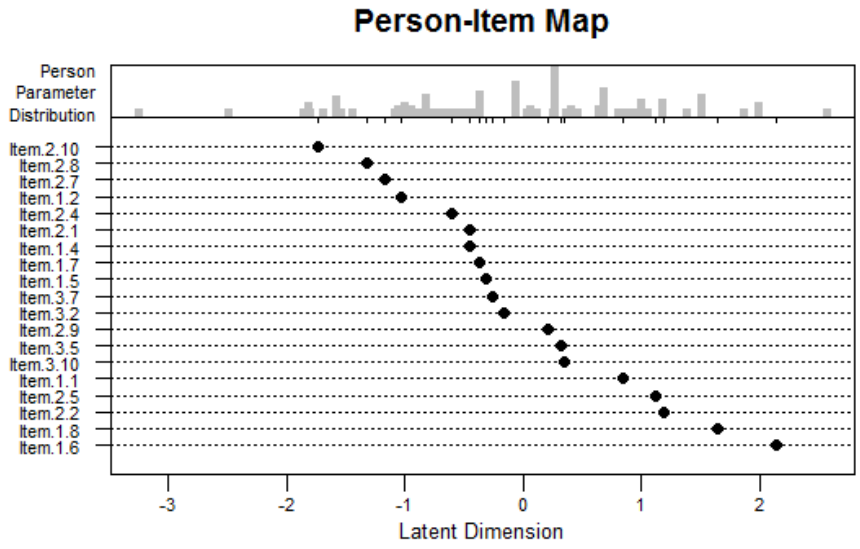


Abb.2: Wright Map der Präpilotierung

Ergebnisse der Präpilotierung

Die Ergebnisse der Präpilotierung zeigen nach Ausschluss einiger Testitems aufgrund unpassender Konformität (Outfit MNSQ < 0,8 oder > 1,2) eine für die Stichprobengröße annehmbare Reliabilität von EAP = 0,553.

An der Wright Map (Abb. 2) sind eine gute Staffelung der Itemschwierigkeit sowie eine gute Abdeckung der Stellen mit großer Personenhäufigkeit erkennbar. Es fehlt jedoch ein Teil des mittleren Schwierigkeitsbereiches, genauso wie mindestens ein sehr leichtes Item.
Die grundlegende Frage der Präpilotierung kann damit positiv beantwortet werden. Wir messen mit unseren Testitems im passenden Schwierigkeitsbereich und auch eine Differenzierung ist möglich.

Ausblick

Nach den Ergebnissen der Präpilotierung liegen Prototypen von Testitems vor, die das Schwierigkeitsspektrum abdecken. Bei der Betrachtung der gewonnen Daten aus der Präpilotierung steht noch eine genaue Distraktoranalyse der Multiple-Choice Items, sowie eine Analyse des Antwortverhaltens aus. Diese dienen im Speziellen der Weiterentwicklung und Verfeinerung der Testitems.
Die Ergebnisse aus dem Bereich „Ursachen von Messunsicherheiten“ können außerdem nicht ohne Weiteres auf andere Bereiche des Sachstrukturmodells übernommen werden. Für andere Elemente des Sachstrukturmodells ist eine erneute Präpilotierung nach der Itementwicklung dementsprechend ebenfalls in Planung.

Literatur

Hellwig, J. (2013). Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstruturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik (Diss,, Ruhr-Universität Bochum). Retrieved Jan. 30, 2014 from http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/HellwigJulia/

Glomski, J. & Priemer, B. (2011). Ein Kompetenzstufenmodell zum Umgang mit Messunsicherheiten im Physikunterricht, In D. Höttecke (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Potsdam 2010 (S. 360-362). Münster: Lit Verlag.

Stephan Pfeiler Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer
Annette Upmeier zu Belzen

Der kritische Umgang mit Primär- und Sekundärdaten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Einleitung

Der Umgang mit und die Evaluation von Daten ist elementarer Bestandteil von wissenschaftlichem Denken (Klahr, 2002). Um in der Schule die Verarbeitung und Bewertung von Datensätzen zu erlernen, werden in der Regel Daten aus Experimenten verwendet. Diese können von Schülerinnen und Schülern selbst (Primärdaten) oder von der Lehrkraft durchgeführt werden. Die Daten können auch aus der Arbeit anderer, externer Personen stammen, welche nicht mit der Schule assoziiert sind (Sekundärdaten). Es wird vermutet, dass die Behandlung von eigenhändig gewonnenen Daten und den Daten dritter Personen unterschiedliche Wirkungen auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern haben (Kanari & Millar, 2004; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). Die empirische Forschung kann dazu aber bisher keine klaren Ergebnisse vorweisen.

Stand der Forschung

Die Arbeiten von Hug und McNeill (2008) und Magnusson, Palincsar, Hapgood und Lomangino (2004) bilden den momentanen Forschungsstand zum Vergleich der beiden Datentypen ab.

Laut Hug und McNeill (2008) sind Primärdaten solche, die während einer eigenen Untersuchung gewonnen werden. Damit ist also die Beteiligung der Schülerinnen und Schüler an der Erhebung der Daten der Indikator für die Unterscheidung von Primär- und Sekundärdaten. Sekundärdaten sind Daten, die von anderen Personen gesammelt und zur Verfügung gestellt werden. Dies unterscheidet sich von der Definition von Magnusson et al. (2004), welche Sekundärdaten als Bericht über die Untersuchung einer dritten Person verstehen. Es handelt sich also um Daten, die in einen Text zu einer Untersuchung eingebettet sind. In diesem Text wird ein Phänomen untersucht, welches die Schülerinnen und Schüler ebenfalls behandelt haben.

Hug und McNeill (2008) weisen darauf hin, dass ihre Definition zu kurz gefasst ist. Sie impliziert, dass es eine scharfe Grenze gibt, welche beide Datentypen voneinander abgrenzt. Jedoch verstehen sie die Ausprägung des Datentyps eher als kontinuierlich. Demnach gibt es Faktoren, die diese Ausprägung beeinflussen, in der Literatur jedoch nicht explizit genannt oder spezifiziert werden. Hug und McNeill (2008, S. 1728) nennen z. B. „personal relevance“ als wahrgenommene Eigenschaft von Daten, welche diese haben, wenn sie primär sind. Was damit genau gemeint ist, bleibt jedoch unklar. Wichtigster Faktor ist u. E. die Beteiligung an der Erhebung der Daten. So müssen Schülerinnen und Schüler immer an der Erhebung der Daten durch eigenes Handeln beteiligt sein, damit von Primärdaten die Rede sein darf. Es muss jedoch beachtet werden, dass sich das Ausmaß dieser Beteiligung variieren lässt und so unterschiedlich wirken könnte.

Für das vorliegende Forschungsprojekt sind grundsätzlich vier potentielle Faktoren relevant. 1. das Ausmaß der Beteiligung an der Erhebung der Daten, 2. die Datenquelle bzw. der Autor, 3. der Grad der Aufbereitung der Daten und 4. das Wissen über das Messverfahren aus dem der Datensatz stammt.

In der bisherigen Forschung zu Primär- und Sekundärdaten wurde nicht untersucht, inwiefern sich die Ausprägungen dieser Faktoren auf das untersuchte Konstrukt, z. B. den Lernerfolg, auswirken. Es muss davon ausgegangen werden, dass die bisherigen Ergebnisse

auf das gleichzeitige Zusammenspiel vieler Einzelfaktoren zurückzuführen ist. Hug und McNeill (2008, S. 1747) geben beispielsweise an, dass Sie nicht darauf geachtet haben, dass die verwendeten Datensätze den gleichen Grad an Komplexität aufweisen. Auch wurden Datensätze zu verschiedenen Phänomenen aus verschiedenen Fächern benutzt.
Die Abgrenzung der einzelnen Faktoren ist nicht einfach. Sie beeinflussen sich gegenseitig. Wir vermuten, dass eine Beteiligung an der Erhebung der Daten zu Wissen über das Messverfahren führt, wobei mehr Beteiligung zu mehr Wissen führen sollte (Frischknecht-Tobler & Labudde, 2010). Der Grad der Aufbereitung der Daten wird von der vermeintlichen Expertise der Datenquelle abhängig sein. Je stärker die Daten aufbereitet sind, desto stärker muss darauf geachtet werden, dass der Autor der Daten diese Aufbereitung sachgemäß und richtig durchgeführt hat. Die Schülerinnen und Schüler werden davon ausgehen, dass dies eher der Fall sein wird, wenn sie wissen, dass der Autor die Aufbereitung der Daten beherrscht. Hierbei wird auch deutlich, dass es nicht die objektiven Eigenschaften des Autors sind, die die Ausprägung des Datentyps beeinflussen, sondern die von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommenen Eigenschaften dieses Autors.
Laut Sandoval (2004) sollte eine Untersuchung zu epistemologischen Überzeugungen auch beachten, dass es Hinweise auf domänenspezifische Unterschiede zwischen verschiedenen Fächern gibt. Daher wird diese Studie physikalische und biologische Kontexte nutzen.

Forschungsfrage
Es wird vermutet, dass die Autorenschaft der Daten (zur Unterscheidung von Primär- und Sekundärdaten) beeinflusst, wie Schülerinnen und Schüler bezüglich des Beibehaltens oder Verwerfens einer eingangs aufgestellten Hypothese argumentieren. Zur Operationalisierung des Argumentierens wird untersucht, ob Schülerinnen und Schüler Evidenzkriterien für Datensätze anders anwenden, wenn der Typ der Daten variiert wird. Die Forschungsfragen lauten:
- Welchen Einfluss hat die Form der Datenquelle (Primär- oder Sekundärdaten) auf das Verwerfen oder Beibehalten von eingangs aufgestellten Hypothesen und auf die Einschätzung der Evidenz (Qualität) der Daten?
- Gibt es dabei Unterschiede zwischen den Disziplinen Physik und Biologie?

Methode
Als unabhängige Variable wurde einer der Faktoren für die Unterscheidung von Primär- und Sekundärdaten gewählt, die Autorenschaft. Die abhängige Variable ist zum Einen das Beibehalten oder Verwerfen der zu Beginn aufgestellten Hypothese und zum Anderen die zur Begründung der Entscheidung genutzten Evidenzkriterien.
Die Autorenschaft des Datensatzes wurde als Variable gewählt, da die Interaktion zwischen ihr und den anderen Faktoren, z.B. Wissen über das Messverfahren, als eher gering vermutet wird. Die Autorenschaft kann variiert werden. Dabei würde ein Ende des Spektrums einen Autor beschreiben, der sich in sozialer Nähe zu der Kontrollgruppe befindet. Solch ein Datensatz würde zum Beispiel von Mitschülerinnen und -schülern oder der Lehrkraft stammen. Am anderen Ende des Spektrums könnten Daten von Wissenschaftlern liegen. Die Schülerinnen und Schüler sind jedoch der Meinung, dass die Wissenschaftler in den Naturwissenschaften geschult sind. So wird vermutet, dass die Daten von Wissenschaftlern eine gewisse Autorität ausstrahlen (Hug und McNeill, 2008). Methodisch umgesetzt wird dies mit drei Gruppen: 1. mit eigenen Datensätzen, 2. mit Datensätzen von anderen Schülerinnen und Schülern und 3. mit Datensätzen von vermeintlichen Wissenschaftlern.
Zusätzlich soll eine Unabhängigkeit von der Disziplin am Beispiel Physik und Biologie geprüft werden. Insgesamt werden deshalb sechs Gruppen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1 an der Studie teilnehmen.

Die Untersuchung beginnt mit einer Lerneinheit zur Anwendung von Evidenzkriterien auf Daten. Diese werden aus den „Concepts of Evidence“ von Gott, Duggan und Roberts (2014) abgeleitet. Die Lerneinheit stellt sicher, dass alle Teilgruppen die gleichen Fähigkeiten zur Einschätzung der Qualität der Daten haben. Auf diese Lerneinheit folgt ein Test, um die Wirkung der Lerneinheit zu kontrollieren. Darauf folgen experimentelle Tätigkeiten in Physik und Biologie, die empirische Daten erzeugen. Die Eigenschaften der Datensätze aus Physik und Biologie müssen aufeinander abgestimmt sein. Sie müssen sich in Umfang, Komplexität und Grad der Verarbeitung gleichen. Die Experimente werden ferner so gewählt, dass ihre Ergebnisse mit alltagsbasierten Schülervorstellungen konfligieren. Ein physikalisches Experiment, welches sich in diesem Zusammenhang bewährt hat, ist das Fadenpendel und der Zusammenhang von schwingender Masse und Periodendauer (Ludwig & Priemer, 2013). Einen biologischen Kontext könnte der Wasserhaushalt von Pflanzen darstellen. Die Schülerinnen und Schüler stellen eine Hypothese auf, führen das Experiment durch und nehmen im Anschluss auf Basis der verschiedenen Datensätze Stellung zu ihrer Hypothese. Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler wird zu Beginn der Studie eine Hypothese formulieren, die nicht von den Daten gestützt wird. Dadurch wird ein stärkerer Drang zur Beschäftigung mit dem Phänomen erreicht (Kircher, 2010).
Der Posttest erfasst den Wechsel bzw. das Beibehalten der Hypothese sowie das Argumentieren der Probanden. Hierzu wird auf Arbeiten von Ludwig und Priemer (2013) zurückgegriffen.

Abschluss

Diese Studie soll helfen, die Unterscheidung zwischen Primär- und Sekundärdaten zu präzisieren. Erst auf Basis dieser Präzisierung kann eine Aussage über die Wirkung dieser verschiedenen Datenquellen auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern getroffen werden.

Literatur

Frischknecht-Tobler, U., & Labudde, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In P. Labudde (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaft 1. - 9. Schuljahr. Haupt Verlag.

Gott, R., Duggan, S. & Roberts, R. (2014). Concepts of Evidence. Understanding Scientific Evidence. URL: http://community.dur.ac.uk/ rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm (besucht am 22. 08. 2014).

Hug, B. & McNeill, K. L. (2008). Use of First-hand and Second- hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? In: International Journal of Science Education 30.13, 1725–1751

Kanari, Z. & Millar, R (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. In: Journal of Research in Science Teaching 41.7, 748–769

Kircher, E. (2010). Methoden im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Eds.), Physikdidaktik. Springer Berlin Heidelberg

Klahr, D. (2002). Exploring Science – The Cognition and Development of Discovery Processes. The MIT Press

Ludwig, T. & Priemer, B. (2013). Secondary School Students’ Reasoning from Anomalous Data. Vorgetragen auf NARST Annual International Conference, Puerto Rico.

Magnusson, S. J., Palincsar, A. S., Hapgood, S., & Lomangino, A. (2004). How Should Learning Be Structured in Inquiry-based Science Instruction?: Investigating the Interplay of 1St- and 2Nd-hand Investigations. In Proceedings of the 6th International Conference on Learning Sciences, 318–325. Santa Monica, California: International Society of the Learning Sciences.

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, 692–720

Sandoval, W. A. (2005). Understanding students’ practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. In Science Education, *89*(4), 634–656

Ines Gerling Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Förderung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium

Ausgangslage

Die hochschuldidaktische Ausbildung in den Naturwissenschaften ist bisher noch wenig problem- und kompetenzorientiert ausgerichtet. In der laborpraktischen Ausbildung herrschen stark strukturierte, kochbuchartige Labortätigkeiten vor. Eigenständiges wissenschaftliches Problemlösen wird wenig vermittelt. Auch fällt es Studierenden oft schwer, die im Labor gestellten Aufgaben mit den Inhalten der Vorlesung zu verknüpfen (Davidowitz & Rollnick, 2003). Der Sinn der Labortätigkeit besteht primär im Erlernen der handwerklichen Fähigkeiten. Zweifelsohne sind diese nötig und sogar Voraussetzung für erfolgreiches Inquiry Learning; eine alleinige Fokussierung auf das Abarbeiten gegebener Aufgabenstellungen in den Bachelor-Laborpraktika verschenkt jedoch das Potential dieser Lehrveranstaltung. Vielmehr sollten Studenten gleichermaßen handwerkliches und naturwissenschaftlich-prozedurales sowie epistemologisches Wissen erlangen. Experimentieren fokussiert hier nicht mehr nur die laborpraktische Umsetzung des Experiments, sondern auch die prä- und postexperimentellen Phasen der Planung und Analyse mit dem Ziel naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Damit ist jedoch keinesfalls freies Experimentieren gemeint, vielmehr ist eine gezielte Intervention für erfolgreiches Inquiry Learning maßgebend (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006).

Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

In Anlehnung an Mayer (2007) wird Scientific Inquiry als Problemlöseprozess und Inquiry Learning dementsprechend als selbstregulierter Lernprozess des erfolgreichen Anwendens experimenteller Problemlösestrategien aufgefasst. Inquiry Learning setzt voraus, dass der Lerner sowohl generelle Problemlösestrategien regulieren und einsetzen als auch auf domänenspezifische Strategien zurückgreifen kann (Künsting, Kempf, & Wirth, 2013; Scherer & Tiemann, 2012). Domänenspezifische Problemlösestrategien spiegeln die Teilprozesse des Konstrukts Scientific Inquiry wider:

- Prüfbare Hypothesen aufstellen
- Planung und Durchführung der Isolierenden Variablenkontrolle
- Interpretation der Versuchsergebnisse mit Bezug auf die Ausgangshypothese (Scherer & Tiemann, 2012; Marschner et al., 2012)

Eine Vielzahl an Studien hat gezeigt, dass Prompting zur Unterstützung des Lernprozesses den Gebrauch kognitiver und metakognitiver Lernstrategien entscheidend fördern kann (z. B. Bannert, 2009). Künsting, Kempf und Wirth (2013) konnten für computergestütztes Experimentieren zeigen, dass sich sparsam eingesetzter metakognitiver Support positiv auf Inquiry Learning auswirkt.
Die qualitative Studie versucht in diesem Sinne, Antworten auf die Frage nach den Auswirkungen metakognitiver Prompts auf das strategische Verhalten und das prozedurale Wissen der Studierenden in realen Experimentiersituationen zu finden.

Design

Kontrollvariablen

In der lernpsychologischen Forschung wurde eine Reihe an Einflussfaktoren auf den Erfolg selbstregulierten Lernens ausgemacht, für die in der lernpsychologischen sowie in der

fachdidaktischen Forschung teilweise bereits erste standardisierte Messinstrumente entwickelt wurden:

- Domänenspezifisches Selbstkonzept (Scherer, 2012; Lange, 2012)
- (Experimentier)strategiewissen (Thillmann, 2007; Scherer & Tiemann, 2012)
- Bereichsspezifisches Vorwissen (Bannert, 2003)
- Fachwissen (Zion, Michalski, & Mevarech, 2005)
- Fluide Intelligenz
- Gestaltung der Lernumgebung (Zion et al., 2005)

Eine umfassende Untersuchung der Wirksamkeit metakognitiver Prompts beim selbstregulierten Lernen durch Experimentieren erfordert die Erhebung und oder Beschreibung dieser Einflussfaktoren vor Beginn der Interventionsmaßnahme. Zur Erhebung der Kontrollvariablen wird auf die oben genannten Vorarbeiten zurückgegriffen.

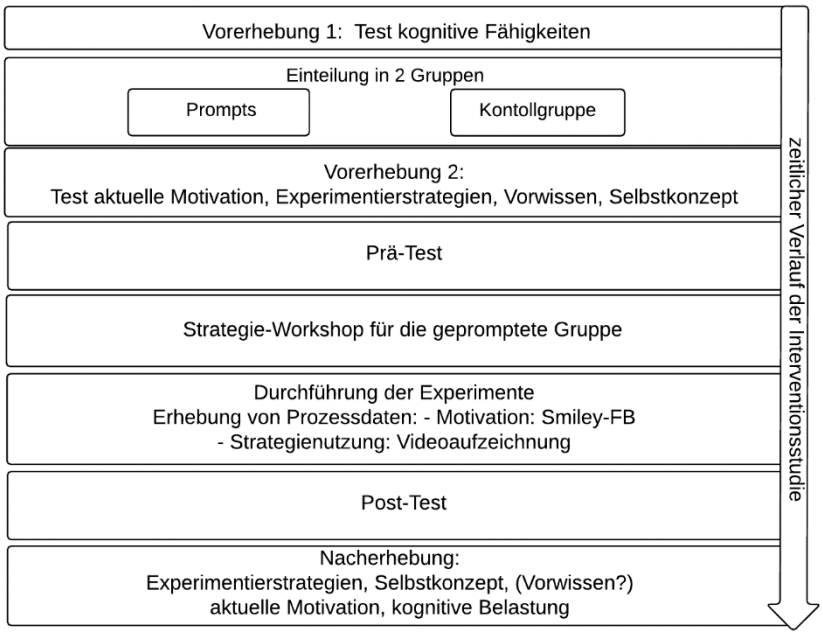


Abb. 1. Studiendesign

Da Inquiry Learning nur mit dem nötigen Vorwissen auch erfolgreich sein kann, wird das erfolgreiche Bestehen der Klausur zum Praktikum vorausgesetzt sowie das Vorwissen über Informationstext zum Versuch konstant gehalten. Die Gruppeneinteilung erfolgt randomisiert, daher wird ein Test zur kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit (Oswald & Roth, 1987) zur Gruppeneinteilung eingesetzt.

Entwicklung der Interventionsmaßnahme
Die konkrete Interventionsmaßnahme umfasst drei Experimentieraufgaben (davon Prä- und Posttest ohne begleitende Interventionsmaßnahme) und einen Strategieworkshop für die Interventionsgruppe. Zur Entwicklung der Interventionsmaßnahme werden aus dem Fachbereich der analytischen Chemie Aufgaben entwickelt, die die Bereiche „Fragestellung und Hypothese aufstellen“, „Untersuchung planen und durchführen“ und „Daten analysieren

und interpretieren“ fokussieren. Für jeden Schritt des Scientific Inquiry-Prozesses wird ein Set aus Prompts entwickelt, um die jeweils erforderliche Experimentierstrategie zu fördern (vgl. Wichmann & Leutner, 2009). Die Auswertung erfolgt über eine kategorienbasierte Videoanalyse sowie über die Auswertung der Fragebögen zu den Kontrollvariablen. Die Probanden sind angehalten, während des Experimentierens laut zu denken.

Ausblick

Das Dissertationsprojekt steht an der Schwelle zur ersten Pilotierung, in der die entwickelten Aufgaben und die Interventionsmaßnahmen an einer ersten Pilotgruppe Studierender getestet werden sollen. Bis zum Frühjahr 2015 ist diese Pilotierung abgeschlossen und erste Ergebnisse können vorgelegt werden.

Literatur

Bannert, M. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts: A discussion. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23 (2), 139-145.

Davidowitz, B. and Rollnick, M. (2003). Enabling metacognition in the laboratory: a case study of four second year university Chemistry students. Research in Science Education, 33, 43-69.

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.

Künsting, J., Kempf, J., & Wirth, J. (2013). Enhancing scientific discovery learning through metacognitive support. Contemporary Educational Psychology, 38(4), 349–360.

Lange, S. (2012). Steigerung selbstregulierten Lernens durch computerbasiertes Feedback beim Erwerb von Experimentierkompetenz im Fach Biologie (Dissertation). Georg-August-Universität, Göttingen.

Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J., & Leutner, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie-Nutzung fördern? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15(1), 77–93

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 178-186). Berlin: Springer.

Oswald, W. D. & Roth, E. (1987). Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT). Ein sprachfreier Intelligenz-Test zur Messung der „kognitiven Leistungsgeschwindigkeit“. Handanweisung. Göttingen: Hogrefe.

Scherer, R., & Tiemann, R. (2012). Factors of problem-solving competency in a virtual chemistry environment: The role of metacognitive knowledge about strategies. Computers & Education, 59(4), 1199–1214.

Thillmann, H. (2007). Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung. Universität Duisburg-Essen, Essen. Retrieved from http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-18970/Dissertation_Thillmann_online-Version.pdf

Wichmann, A., & Leutner, D. (2009). Inquiry Learning. Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 23(2), 117-127.

Zion, M., Michalsky, T., & Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. International Journal of Science Education, 27(8), 959-983.

Peter Heinze Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Naturwissenschaftlicher Unterricht und das Einheitsschulgesetz in Thüringen (1922-1924)

Einleitung

In der schulpädagogischen und bildungspolitischen Forschung stehen in Bezug auf das Land Thüringen und die Zeit der Weimarer Republik vor allem der Name Peter Petersen und dessen Jenaplan-Reformpädagogik im Fokus. Doch bereits die Anfangsjahre des 1920 gegründeten Landes Thüringen sind durch gesellschaftliche und parlamentarische Diskurse aufgrund der Schulpolitik der sozialdemokratischen Regierung geprägt. Als Kernstück der Schulpolitik in Thüringen 1921-1924 gilt der Einheitsschulgesetzentwurf des Volksbildungsministers Max Greil, der insbesondere den naturwissenschaftlichen Fächern einen höheren Stellenwert zuspricht. Den Unterrichtsfächern Physik, Chemie und Biologie wurden mehr Stunden zugewiesen, wobei diese auch integriert unterrichtet werden sollten.
Das Promotionsvorhaben „**Naturwissenschaftlicher Unterricht im Zuge der Greilschen Schulreform**“ untersucht die Konzeption und Umsetzung der naturwissenschaftlichen Lerninhalte anhand zeitgenössischer Schulbücher und Lehrplanentwürfe sowie die entsprechenden Kompetenz- bzw. Bildungsstandards vor dem Hintergrund der frühen Reformpädagogik in Thüringen in der Einheitsschule.

Die Greilsche Schulreform

Die Mitglieder des Thüringer Lehrerbundes waren ab 1919 bestrebt, das Thüringer Schulwesen zu vereinheitlichen, um eine den Anlagen des Kindes entsprechende Bildung zu erreichen. Artikel 146 der Weimarer Verfassung von 1919 sah den gemeinsamen Besuch der Grundschule für alle Kinder vor, auf dem sich das mittlere und höhere Schulwesen aufbaute. Diesbezüglich war weder die gesellschaftliche bzw. wirtschaftliche Stellung der Eltern noch deren Religionsbekenntnis ausschlaggebend. Des Weiteren sollten in Gemeinden Volksschulen errichtet werden, die der Weltanschauung der Erziehungsberechtigten entsprechen. Die notwendige Organisation werde durch ein entsprechendes Reichsgesetz geregelt (Reichsgesetzblatt, S. 1411). Der Begriff „Einheitsschule“ war in weiten Kreisen des Bürgertums als Teil der sozialistischen Auffassung von Bildung negativ konnotiert. Vor allem der Einfluss der Kirche auf den Unterricht bzw. Schulalltag wurde in der Öffentlichkeit sehr kontrovers diskutiert.
Die sozialdemokratische Regierung unter Staatsminister Frölich (Oktober 1921 bis Februar 1924) trennte zu Beginn ihrer Amtszeit das Thüringer Bildungs- vom Justizwesen und gründete das Ministerium für Volksbildung. Als Leiter wurde der Bezirksschulrat (Gebiet Gera) Max Greil berufen, auf dessen Bestreben am 24. Februar 1922 das Einheitsschulgesetz in Thüringen verabschiedet wurde.
Greil setzte sich für die Vereinheitlichung des gesamten Schulwesens, für längeres gemeinsames Lernen und für eine strikte Trennung von Schule und Kirche ein (Mitzenheim, 1966). In Bezug auf Ersteres wurden im Juli 1922 das Lehrerbildungsgesetz sowie das Gesetz über die Lernmittelfreiheit erlassen. Laut § 6 des Einheitsschulgesetztes bildet jede Schulstufe ein in sich geschlossenes Ganzes, wobei die verschiedenen Zweige als gleichwertig anzusehen seien. Die Wochenstundenanzahl und Stoffverteilungspläne der Unterrichtsfächer sollten für die jeweilige Schulstufe möglichst einheitlich gestaltet werden (§ 7, Amtsblatt 5, 1922). Weiterhin bestand der Plan, neue einheitliche Lehrbücher für die Thüringer Schulen zu konzipieren, dies gelang jedoch nur für die Grundschule in Form des Lese- und Rechenbuches. Ausgearbeitete Lehrpläne oder Lehrbücher für alle Fächer konnten

jedoch nicht realisiert werden, da die Regierung Frölich Anfang 1924 abgewählt und Max Greil als Staatsminister abberufen wurde. Mit dem Schulaufbaugesetz vom 23. April 1924 wurden zudem alle vorangegangenen Verordnungen bezüglich des Aufbaus des Thüringer Schulwesens für nichtig erklärt.

Die Stellung der Naturwissenschaften in der Einheitsschule

Das Konzept der Einheitsschule sah eine starke Aufwertung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gegenüber den sprachlichen bzw. humanistischen Bildungszweigen vor. Der Pädagoge Heinrich Schacht ging sogar so weit, zu sagen, dass die Einheitsschule den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Mittelpunkt stellen müsse (Schacht, 1920). Bei Max Greil ist Derartiges zwar nicht zu lesen, dennoch betont er beispielsweise die Widersprüche zwischen der kirchlichen Prägung des Schulalltages und dem Unterricht in den Naturwissenschaften.

Die Normalstundentafel der Einheitsschule in Thüringen zeigt, dass die Naturwissenschaften von der Mathematik getrennt sind, um den Unterschied zu den Geisteswissenschaften entgegen der konventionellen Auffassung zu verdeutlichen, wie der Bildungspolitiker Herbert Kühnert schreibt (Kühnert, 1923). Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde an den Schulen noch zwischen naturkundlichem Unterricht (Biologie) und Naturlehre (Physik und Chemie) unterschieden. Dies ist anhand der Normalstundentafel nicht mehr zu erkennen. Physik besaß im Allgemeinen die höchste Wochenstundenanzahl, während die anderen beiden Naturwissenschaften auch integriert unterrichtet wurden. Bis auf die Lateinmittelschule und die Gymnasialoberschule erfuhren die naturwissenschaftlichen Fächer stundenmäßig eine deutliche Aufwertung.

Die Neustrukturierung des Chemieunterrichts

Noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Chemieunterricht dahingehend kritisiert, dass einerseits chemische Vorgänge dem Betrachter nicht unmittelbar ins Bewusstsein dringen und die Chemie auf der anderen Seite lediglich eine Fülle zusammenhangloser Einzelergebnisse liefere. Scheid sieht jedoch gerade darin die Bedeutung der Chemie für die Schule, die chemischen Vorgänge durch Überlegungen und logische Schlüsse auf experimentellem Wege zu hinterfragen.

„Unterricht in chemischen Dingen gehört nicht bloß in die Oberklassen höherer Schulen, sondern mit Auswahl schon in die alleruntersten, ja sogar schon in die Volksschule. Nicht nur aus dem praktischen Grunde, weil gerade die chemischen Vorgänge uns im täglichen Leben auf Schritt und Tritt begegnen […].“ (Scheid,1927)

Für die Unterstufe sah er einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht vor, der dann in der Oberstufe systematisch in den Fachunterricht ausgebaut werden sollte. Der Chemieunterricht sollte vor allem räumlich von der Physik abgetrennt werden und als eigenständiges Fach mit separaten Vorbereitungs- und Arbeitsräumen etabliert werden.

Für die Thüringer Einheitsschule gab es keinen vom Volksbildungsministerium ausgearbeiteten Lehrplan für den Chemieunterricht bzw. kein neu konzipiertes Lehrbuch. Die Lehrer sollten mit den bereits vorhandenen Chemiebüchern arbeiten, die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl der damals verwendeten Chemielehrbücher:

Tab.: Chemielehrbücher in Thüringen ab Schuljahr 1921/22

Unter-/Mittelstufe		Oberstufe	
Name	**Titel**	**Name**	**Titel**
Börner	Vorschule der Chemie und Mineralogie	Arendt/ Dörmer	Grundzüge der Chemie und Mineralogie
Levin	Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie	Scheid	Methodik des chemischen Unterrichts
Lipp	Lehrbuch der Chemie und Mineralogie Teil I	Lipp	Lehrbuch der Chemie und Mineralogie Teil II und III

Hinsichtlich der Methodik im Chemieunterricht ist in der Thüringer Lehrerzeitung zu lesen, dass Problemstellungen Ausgangs-, Mittel- und Zielpunkt des neuzeitlichen Unterrichts sein sollen und bei einem Minimum von Stoff ein Maximum an Wirkung erzielt werden muss (Wallner, 1923). Entgegen „alter Formen der Wissensüberlieferung“ steht die aktive Erarbeitung des Wissens im Vordergrund; oder wie Wallner es 1922 formuliert:

„*Nicht dogmatisch geben, sondern entwickeln. Nicht beschreiben, sondern zeigen, wie die Wissenschaft zu ihren Ergebnissen gekommen ist.“ (Wallner, 1922)*

Ausblick

Am Beispiel der heutigen Europaschule „Ostschule Gera“ (zu Zeiten der Weimarer Republik nur Ostschule), die als eine von zwei Einheitsschulen in Thüringen noch bis zu Beginn der 1930er geführt wurde, wird mit dem Promotionsvorhaben der naturwissenschaftliche Unterricht auf dem Bereich der Mikroebene von Schule untersucht. Die Fallanalyse dient dazu, den zeitgenössischen Unterrichtsalltag vor allem im Fach Chemie zu diskutieren:
Wie viele Schüler besuchten das angeschlossene Schulheim und beschäftigten sich mit naturwissenschaftlichen Inhalten? Inwiefern unterschieden sich diese von den Unterrichtsthemen? Welche Lehrmaterialien kamen zum Einsatz bzw. unter welchen Voraussetzungen konnten und wurden naturwissenschaftliche Experimente durchgeführt? Waren die Lehrpläne systematisiert und entsprechend einer fachspezifischen Methode konzipiert? Ergeben sich Hinweise auf bestimmte Arbeitsmethoden im naturwissenschaftlichen Unterricht der Einheitsschule?

Literatur

Kühnert, H. (1923). Die Organisation der Einheitsschule in Thüringen. Sozialistische Monatshefte, 7, (29) S. 411-414.

Mitzenheim, P. (1966). Die Greilsche Schulreform in Thüringen. Jena: FSU.

Reichsministerium der Justiz. (Hrsg.) (1919): Reichsgesetzblatt, 152, S. 1383-1418.

Schacht, H. (1920). Die naturwissenschaftliche Einheitsschule. Dresden: Kuhlau.

Scheid, K. (1927). Methodik des chemischen Unterrichts. Leipzig: Quelle & Meyer.

Thüringisches Ministerium für Volksbildung. (Hrsg.) (1922): Amtsblatt des Thüringischen Ministeriums für Volksbildung, 5, (1) S. 49-51.

Wallner, K. (1922). Die Naturwissenschaften in der Volkshochschule. Thüringer Lehrerzeitung, 8, (11) S. 50-51.

Wallner, K. (1923). Die Naturwissenschaften in der Volkshochschule. Thüringer Lehrerzeitung, 11, (12) S. 73-74.

Moritz Krause[1] [1]Universität Bremen
Verena Pietzner[2] [2]Universität Oldenburg
Ingo Eilks[1]

Einstellungen und Selbstkonzept von angehenden Lehrkräften zur Nutzung von digitalen Medien im Chemieunterricht

Hintergrund

Mit dem Start des World Wide Webs entstand in den 1990er Jahren eine neue und zunächst noch von Wenigen genutzte Informations- und Kommunikationsquelle für die Wissenschaft (Tuvi & Nachmias, 2003). Über die Jahre verbreitete sich das Medium immer weiter und erhielt einen festen Platz in unserer Gesellschaft und im Leben von Schülerinnen und Schülern. Damit verbunden ist der Begriff ICT (Information and Communication Technologies), der in den 2000er Jahren eine immer wichtigere Bedeutung erhielt und sämtliche Informations- und Kommunikationstechnik beinhaltet, wie z. B. Fernsehen, Handys, Hardware und Software für Computer. Zumindest die digitalen Komponenten dieser Medien können auch synonym mit dem Begriff „neuen Medien“ verwendet werden.
Die zunehmende Wichtigkeit neuer Medien in der Schule zeigt sich in den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz. 1998 wurde die Schule dazu aufgefordert die Schülerinnen und Schüler medienkompetent auszubilden, damit sie sich selbstbewusst und verantwortungsvoll in der Medienwelt bewegen können (KMK, 1998). 2012 forderte die KMK eine verbindliche Medienbildung sowohl in den Bildungswissenschaften als auch in der fachbezogenen Lehrerbildung zu verankern (KMK, 2012).
Untersuchungen unter Lehrkräften zeigen aber, dass die Vermittlung von Medienkompetenz und die Integration von Medienbildung in der Schule zwar als wichtig angesehen werden, die Lehrkräfte ihren Unterricht aber häufig nicht dementsprechend gestalten, um die genannten Ziele zu erreichen (Brüggemann, 2013; Gysbers, 2008).

Forschungsfragen

(1) Wie verändern sich Einstellungen und das Selbstkonzept angehender Chemielehrkräfte zur Nutzung von Computern und anderen digitalen Medien im Unterricht während ihrer Ausbildung?
(2) Welchen Einfluss haben fachdidaktische Seminare zur Nutzung von Computern und digitalen Medien im Fachunterricht auf Einstellungen und das Selbstkonzept zur Nutzung dieser Medien im Unterricht?
(3) Gibt es diesbezüglich geschlechterspezifische Unterschiede?

Design und Methode

Die Studie wurde mithilfe eines Online-Fragebogens erhoben. Genutzt wurde dafür die Plattform SoSci Survey (www.soscisurvey.de). Befragt wurden Studierende bzw. Referendare zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihres Studiums, die im ersten oder zweiten Fach Chemie auf Lehramt studieren. Insgesamt haben 239 Probanden den Fragebogen ausgefüllt.
Den Schwerpunkt des Fragebogens bilden die vier folgenden Skalen:
(1) Das Selbstkonzept über die Nutzung des Computers im Allgemeinen ($\alpha = 0{,}86$).
(2) Die Einstellungen zu Computern/digitalen Medien im Unterricht im Allgemeinen ($\alpha = 0{,}76$).
(3) Die Einstellungen zur Nutzung von Computern/digitalen Medien im Chemieunterricht ($\alpha = 0{,}77$).
(4) Das Selbstkonzept über die Nutzung des Computers im Chemieunterricht ($\alpha = 0{,}80$).

Die Reliabilitäten in den einzelnen Skalen liegen zwischen 0,77 und 0,86 und sind damit ausreichend hoch. Die statistischen Vergleiche erfolgten mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests.
Im darauffolgenden Abschnitt des Fragebogens, wurden die Probanden gebeten, u. a. zwei offene Fragen zu beantworten:
(1) Wo sehen Sie am ehesten Potenzial für die Nutzung von Computern/digitalen Medien im Chemieunterricht?
(2) Wo sehen Sie wesentliche Hindernisse für die Nutzung von Computern/digitalen Medien im Chemieunterricht?
Die Auswertung der offenen Fragen erfolge mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000). Die Kategorien wurden induktiv entwickelt, kommunikativ validiert und von zwei unabhängigen Personen auf die Daten angewandt. Als Maß für die Übereinstimmung wurde Cohens‘ Kappa gewählt, welchen mit 0,98 für die erste offene Frage und 0,99 für die zweite offene Frage als sehr gut angesehen werden kann.

Ergebnisse und Diskussion
Es zeigt sich, dass sich die *Einstellungen zum Einsatz des Computers und digitaler Medien im Chemieunterricht* im positiven Sinne während der Ausbildung entwickeln. Es existieren signifikante Unterschiede von Studienanfängern zu Studierenden am Ende des Studiums (2,67 zu 2,20; p = 0,017) bzw. zu ReferendarInnen (2,67 zu 2,07; p = 0,016). Bei den *allgemeinen Einstellungen zu Computern und digitalen Medien* findet keine signifikante Veränderung statt.
Ebenso entwickelt sich das *Selbstkonzept zum Einsatz des Computers und digitaler Medien im Chemieunterricht* während der Ausbildung positiv. Das Selbstkonzept von Studienanfängern unterscheidet sich signifikant von Studierenden am Ende des Studiums (3,05 zu 2,50; p = 0,004) bzw. ReferendarInnen (3,05 zu 1,92; p = 0,000). Beim *allgemeinen Selbstkonzept zur Nutzung von Computern und digitalen Medien* findet ebenfalls keine signifikante Veränderung statt.
Im *geschlechterspezifischen Vergleich* haben Studenten und Referendare im Verhältnis zu Studentinnen und Referendarinnen ein signifikant positiveres Selbstkonzept zum Einsatz digitaler Medien im Allgemeinen (2,28 zu 2,03; p = 0,002) und im Chemieunterricht im Besonderen (2,59 zu 2,3; p = 0,005). Bzgl. der *Einstellungen zu Computern und digitalen Medien im Allgemeinen und im Chemieunterricht* wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.
Es gibt signifikante Unterschiede bzgl. des Selbstkonzepts zum Einsatz von Computern und digitalen Medien im Chemieunterricht, wenn Studierende *Kurse über den Einsatz digitaler Medien in den Fachdidaktiken belegt* haben (2,70 zu 2,21; p = 0,000).
Studentinnen entwickeln durch den Besuch fachdidaktischer Seminare über die Nutzung von Computern und digitalen Medien im Chemieunterricht sowohl ihre Einstellungen zur Nutzung von Computern und digitalen Medien im Allgemeinen (2,56 zu 2,36; p = 0,034), wie im Chemieunterricht (2,27 zu 2,08; p = 0,059). Ebenso entwickelt sich ihr Selbstkonzept zur Nutzung des Computers und digitaler Medien im Allgemeinen (2,40 zu 2,14; p = 0,014), wie im Chemieunterricht (2,87 zu 2,26; p = 0,000).
Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die genannten Antworten der Studierenden und Referendare zur Frage, bzgl. der potenziellen Nutzung von Computern/digitalen Medien im Chemieunterricht. Unter den drei häufigsten Antworten sind die Darstellung von Modellen und Vorgängen, z. B. mit Animationen/Simulationen (28,05 %), die Darstellung von Molekülen/Strukturen und Reaktionsmechanismen (24,09 %) und die Nutzung und Erstellung von Bildern und Videos z. B. von komplizierten oder gefährlichen Versuchen (17,82 %).

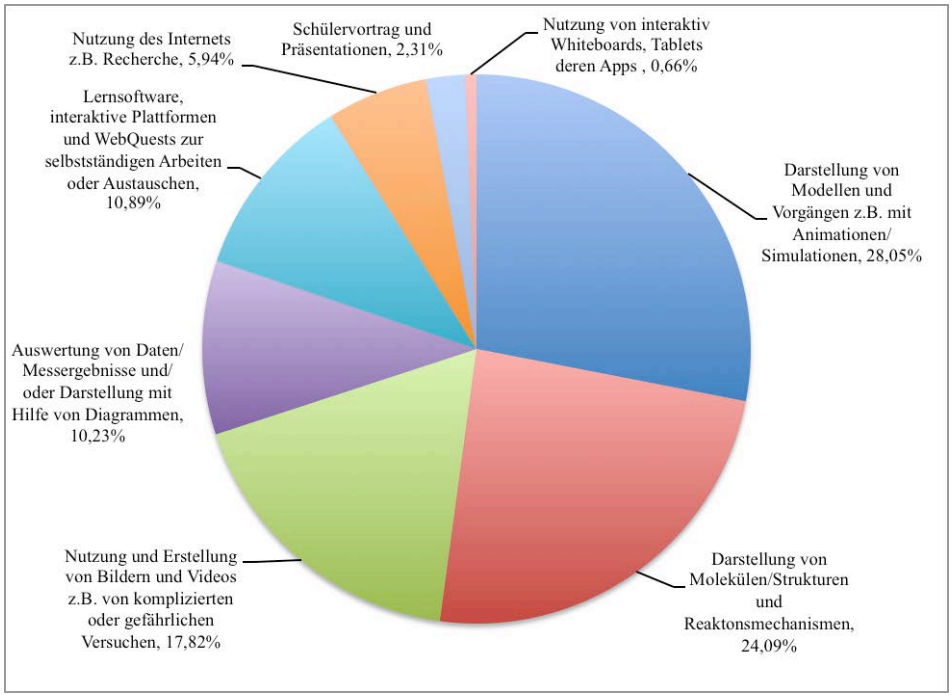


Abb. 1: Potenzial für die Nutzung von Computern/digitalen Medien im Chemieunterricht aus der Sicht angehender Chemielehrkräfte.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass fachdidaktische Seminare zum Einsatz von Computern und digitalen Medien zur Entwicklung von Einstellungen und eines angemessenen Selbstkonzepts für die spätere Nutzung dieser Technologien im Chemieunterricht beitragen können. Insbesondere Studentinnen profitieren von fachdidaktischen Seminaren zum Einsatz von Computern und digitalen Medien im Chemieunterricht.

Des Weiteren zeigt sich, dass die Lehramtsanwärter das Potential für die Nutzung von Computer/digitalen Medien im Chemieunterricht auf klassischen Anwendungsgebieten wie die Erstellung von Molekülen/Strukturen oder zum Zeigen von Bildern und Videos einsetzen würden. Hier bieten sich noch Ansatzpunkte, um angehende Lehrkräfte weitere Einsatzgebiete, wie z. B. die Nutzung von Lernplattformen und Tablets und deren Apps, effektiver aufzuzeigen.

Literatur

Brüggemann, M. (2013). Digitale Medien und Schule. In D. Karpa, B. Eickelmann & S. Grafe (Hrsg.). Medienhandeln und berufsbezogene Orientierung von erfahrenen Lehrkräften (S. 241 - 252). Immenhausen: Prolog-Verlag.

Gysbers, A. (2008). Lehrer – Medien – Kompetenz. Berlin: Vistas.

Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

KMK (1998). Zur Rolle der Medienpädagogik, insbesondere der neuen Medien und der Telekommunikation in der Lehrerbildung. www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/ Beschluesse_Veroeffentlichungen/neuemed.pdf (01.10.2014).

KMK (2012). Medienbildung in der Schule. www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/ 2012_03_08_Medienbildung.pdf (01.10.2014).

Tuvi, I., & Nachmias, R. (2003). A study of web-based learning environments focusing on atomic structure. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 22, 225-240.

Michael Wenzel Goethe-Universität Frankfurt am Main
Thomas Wilhelm

Neue Medien im Schülerlabor

Motivation

Neue Medien haben in den vergangenen dreißig Jahren zunehmend Einzug in den Physikunterricht gehalten. Viele Möglichkeiten werden dennoch nur vereinzelt und von einzelnen Lehrkräften genutzt und es stellt sich die Frage, wie weitere Lehrkräfte an diese herangeführt werden können.
Im Rahmen des vorliegenden Projekts soll die Frage behandelt werden, ob das konkrete Erleben des Computereinsatzes bei Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und zukünftigen Lehrkräften das Interesse bzw. die Bereitschaft zum Computereinsatz erhöht und damit als indirekte Lehrerfortbildung fungieren und zum eigenen Einsatz des Computers motivieren kann.

Goethe-Schülerlabor Physik

Seit dem Herbst 2013 existiert in Frankfurt das „Goethe-Schülerlabor Physik gefördert von der Adolf Messer Stiftung“. In diesem Schülerlabor finden für Schulkassen der Sekundarstufen I und II Versuchstage statt, bei denen ein Schwerpunkt auf dem Einsatz neuer Medien, wie z. B. dem Computer, liegt. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler im Schülerlabor u. a. mithilfe von Sensoren oder Videokameras Realexperimente erfassen und an Simulationen experimentieren. Die angebotenen Themenkomplexe knüpfen inhaltlich an den Unterricht an und sollen diesen ergänzen. Beispiele für solche Themenkomplexe sind etwa ein Schülerlabor zur Biomechanik oder eines zur Elektromobilität. Die dargestellte Konzeption des Labors lässt eine Einordnung als „klassisches Schülerlabor“ nach Haupt et al. (2013) zu.
Das Arbeiten am Computer in diesem Zusammenhang stellt eine Möglichkeit dar, die Motivation der Lernenden zu steigern (Deimann, 2002). Im Schülerlabor besteht die Möglichkeit, mehr bzw. andere Experimente durchzuführen, als es im Unterricht der Fall ist. Dies liegt zum einen daran, dass die finanzielle und materielle Ausstattung von Schulen in vielen Fällen schlechter ist als die des Schülerlabors und zum anderen daran, dass im Schülerlabor ein höheres Maß an Betreuung vorliegt, als es in der Schule möglich ist. Für gewöhnlich gibt es pro Betreuer maximal acht Schülerinnen und Schüler, was eine stärkere Individualisierung der Anleitungen und Erklärungen für die einzelnen Schülerinnen und Schüler mit sich bringt. Als Betreuer arbeiten Lehramtsstudierende der Physik als studentische Hilfskräfte im Schülerlabor, die aufgrund ihres Studiums gut für den Umgang mit Schülergruppen qualifiziert sind und gleichzeitig praxisnahe Erfahrung sammeln können.

Erhebungsvorhaben

Das Ziel einer Erhebung soll sein, herauszufinden, welchen Einfluss der Computereinsatz im Schülerlabor bei Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte und Studierende auf deren Einstellung zu und Handlung mit dem Computer im Physikunterricht hat (Abb. 1). Die Tatsache, dass regelmäßig Physiklehrkräfte mir ihren Schulklassen das Schülerlabor besuchen, wird genutzt, um Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler zu befragen. Außerdem können noch die Lehramtsstudierenden, die die Schülergruppen im Labor betreuen, untersucht werden.

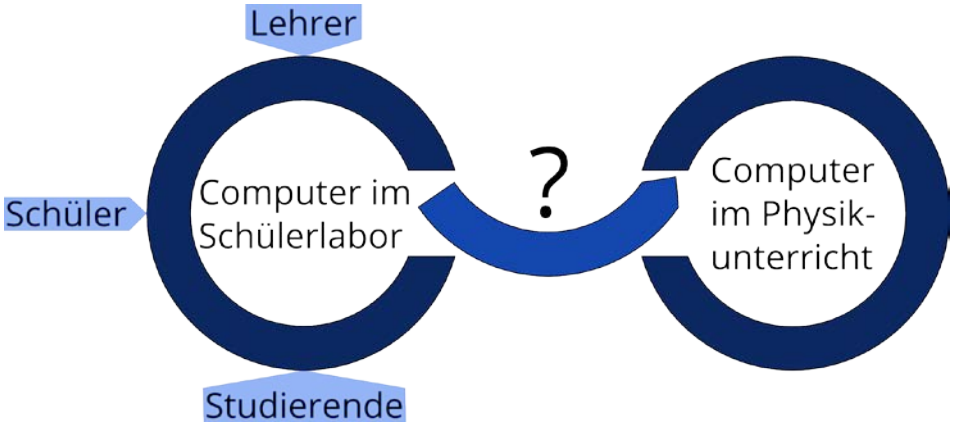


Abb. 1: Darstellung des Erhebungsvorhabens

Lehrkräfte

Es soll untersucht werden, ob der Laborbesuch als indirekte Lehrerfortbildung fungieren und zum eigenen Einsatz des Computers motivieren kann, wozu die begleitenden Physiklehrkräfte nach ihrer Einschätzung befragt werden:

Nachdem die Lehrkräfte einen halben Vormittag ihre Schülerinnen und Schüler bei ihrer Arbeit im Schülerlabor beobachtet haben, wird ihnen ein Fragebogen vorgelegt. Darin soll zunächst die Einstellung der Lehrkräfte zum Computer und dessen bisherigen Einsatz im Physikunterricht abgefragt werden. Der Fragebogen wurde auf der Grundlage des Instrumentes von Pietzner (2009) und denen von Wilhelm & Trefzger (2010) sowie Gröber & Wilhelm (2006) entwickelt und zum Teil aktualisiert und ergänzt. Außerdem sollen die Lehrkräfte anschließend über ihre Beobachtungen im Schülerlabor per Leitfadeninterview befragt werden. Die Fragestellung, die das Interview dominieren wird, ist, was die Lehrer davon halten, wie der Computer von ihren Schülern eingesetzt wurde und ob sie nach dem Besuch im Schülerlabor vorhaben, selbst den Computer auf diese oder eine ähnliche Art und Weise einzusetzen.

Die Annahme, dass Lehrkräfte durch das Beobachten einer neuen Methode oder Anwendung das Bedürfnis haben, selbst auf eine ähnliche Art tätig zu werden, gründet sich zum einen auf die Erfahrung, dass Lehrerinnen und Lehrer meist neugierig auf ihnen unbekannte Unterrichtsarten sind und zum anderen auf die Theorie des Lernens am Modell, dass sich aus der sozialen Lerntheorie Banduras entwickelt hat (Bandura 1976; Ahnert 2014). Diese Theorie beschreibt unter anderem, welche Voraussetzungen besonders günstig sind, damit von einem Beispiel durch Beobachtung gelernt werden kann. Zu diesen Voraussetzungen zählen die Aufmerksamkeit des Lernenden, die den Lerngegenstand durch eine entsprechende Umwelt interessant erscheinen lässt, die Motivation des Lernenden, das Gesehene selbst umzusetzen, der Gedächtnisprozess und die Reproduktion, also das eigene Durchführen des Gelernten.

Außerdem ist geplant, parallel dazu repräsentativ zu erheben, wie die Lehrkräfte der Region zum Computer eingestellt sind und ihn bisher im Physikunterricht einsetzen. Hier gibt es sicherlich große regionale Unterschiede. So kann festgestellt werden, ob sich die Lehrkräfte, die ins Schülerlabor kommen, in diesem Punkt unterscheiden.

Studierende

Die Schulklassen werden während ihres Besuchs im Schülerlabor von Lehramtsstudierenden der Physik betreut. Die Studierenden sollen zunächst einige Klassen in unterschiedlichen Themenkomplexen betreut haben, bevor sie per Leitfadeninterview befragt werden.

In der Befragung soll es neben der Arbeit der Studierenden im Schülerlabor auch um ihre grundsätzliche Einstellung zum Computereinsatz sowie die Einschätzung über dessen Nut-

zen im Schülerlabor und im Physikunterricht gehen. Damit sollen Rückschlüsse auf die Lehramtsausbildung an Neuen Medien an der Goethe-Universität in Frankfurt gezogen werden sowie eine Einschätzung gewonnen werden, für wie wichtig die Studierenden den Umgang mit dem Computer im physikalischen Kontext halten. Auch hier ist die Frage, ob das Erleben des Schülerlabors mit Computereinsatz zu einer positiven Einstellung führt und die Studierenden motiviert sind, dies im eigenen Unterricht einzusetzen.

Schülerinnen und Schüler

Neben den beiden bereits genannten Gruppen sind im Schülerlabor natürlich auch noch die Schülerinnen und Schüler aktiv. Da es zu dieser Gruppe schon verschiedene Untersuchung zu Lernleistung und Motivation gibt (vgl. Guderian & Priemer, 2008 und Pawek, 2009), wird in dieser Untersuchung die Einstellung zum Computer und die bisherige Erfahrung der Schülerinnen und Schüler damit im Physikunterricht und im Schülerlabor erfragen. Inhaltlich steht hier im Mittelpunkt, ob die Schülerinnen und Schüler aus dem Physikunterricht bereits den Einsatz des Computers im physikalischen Kontext kennen bzw. ob dieser Einsatzbereich für sie neu ist. Des Weiteren ist von Interesse, ob die Kinder und Jugendlichen den Computer in diesem Zusammenhang als interessant und nützlich empfinden.

Es ist eine Stichprobengröße im Bereich von knapp tausend Schülerinnen und Schülern zu erwarten, was die Untersuchung mittels eines Fragebogens nahelegt. Die Untersuchung soll am Ende des Labortages stattfinden und darf daher keinen zu großen Umfang haben, da sich die Schülerinnen und Schüler sonst nicht mehr ausreichend konzentrieren können.

Die Erhebungen im Schülerlabor beginnen im Winter 2014/15 und laufen insgesamt etwa ein Jahr, damit eine ausreichend große Zahl an Klassen und damit Physiklehrern befragt und untersucht werden kann.

Literatur

Ahnert, L. (2014). Theorien in der Entwicklungspsychologie. Berlin [u.a.] : Springer VS (Lehrbuch) S. 330 ff

Bandura, A. (1976): Lernen am Modell. Ansätze zu einer sozial-kognitiven Lerntheorie. 1. Aufl. Stuttgart: Klett

Deimann, M. (2002): Motivationale Bedingungen beim Lernen mit Neuen Medien. In: Beek, Wolf-Gideon (Hrsg.): Medienunterstütztes Lernen - Beiträge von der WissPro-Wintertagung 2002. Hamburg

Gröber, S. & Wilhelm, T. (2006). Empirische Erhebung zum Einsatz neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern in Rheinland-Pfalz: Arbeitsplatzausstattung und Mediennutzung. In: Nordmeier, V. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Kassel 2006 : CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Berlin : Lehmanns Media

Guderian, P. & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche - eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland, 2/7. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, S. 27–36

Haupt, O. J. et. al. (2013): Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. In: MNU 66 (2013), Nr. 6

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesseförderndе außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel, Christian-Albrechts-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Dissertation

Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht - Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften, Bd. 15. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, S. 47–67

Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover 2010. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Berlin : FU Berlin

Nina Ulrich[1]
Juliane Richter[2]
Katharina Scheiter[2]
Sascha Schanze[1]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2] Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen

Digitale Schulbücher
Wichtige Merkmale der Text- und Bildgestaltung

Im Rahmen des DFG-geförderten Forschungsprojektes eChemBook wurde eine prototypische E-Book-Einheit zum Thema „Einführung in das Teilchenmodell“ entwickelt. Die bei der Entwicklung verwendeten Gestaltungskriterien wurden aus den Erkenntnissen der fachdidaktischen und der lehr-lernpsychologischen Forschung abgeleitet und sollen nun im Folgenden dargestellt werden. Hierbei wird sowohl auf die Struktur des E-Books eingegangen, als auch auf die inhaltliche Gestaltung der Texte und Visualisierungen.

Die Gestaltung von digitalen Schulbüchern stellt die Entwickler vor eine große Herausforderung, da entschieden werden muss, welche Eigenschaften eines analogen Schulbuchs übernommen und welche Möglichkeiten des digitalen Mediums genutzt werden sollten. Die Erfahrung zeigt dabei, dass nicht alles, was technisch möglich ist, auch automatisch lernförderlich ist.

Aufbau des eChemBook

Im Gegensatz zur linearen Struktur eines analogen Schulbuchs wurde beim eChemBook eine nicht-lineare Struktur verwendet. Das Thema „Einführung in das Teilchenmodell“ wurde in acht Lerneinheiten aufgeteilt, von denen nur die einführende Lerneinheit als Vorwissen vorausgesetzt wird. In den weiteren Lerneinheiten werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des Teilchenmodells aufgezeigt, wie beispielsweise Aggregatzustände, Diffusion oder Druck. Die Reihenfolge, in der die weiteren Lerneinheiten bearbeitet werden, ist beliebig und kann an den Unterrichtsverlauf angepasst werden. Diese Möglichkeit bietet der Lehrkraft die notwendige Flexibilität und erleichtert die Integration des E-Books in den Unterricht.

Die Möglichkeit der nicht-linearen Darstellung in einem E-Book birgt die Gefahr, dass die Lernenden den Überblick über bereits bearbeitete Inhalte verlieren könnten. Ein weiterer möglicher Nachteil ist, dass es kaum möglich ist auf einen Blick den gesamten Umfang der Materialien zu erfassen, während bei analogen Büchern die Dicke des Buches bereits erste Rückschlüsse auf den Umfang zulassen. Im eChemBook wurde dem durch einen wiederkehrenden Aufbau der Lerneinheiten und eine Navigation über eine Lernlandkarte entgegengewirkt. Zum Abschluss jeder Lerneinheit erstellen die Lernenden eine eigene Zusammenfassung und tragen diese in die Lernlandkarte ein. Durch die Zusammenfassung erhalten die Lernenden einen schnellen Zugriff auf die Lerninhalte, um das Wissen zu reaktivieren (Olling, 2009).

Jede Lerneinheit besteht aus den Elementen Motivationstext, Basistext, Experiment, interaktive Lernaufgabe und Zusammenfassung. Der Motivationstext greift dabei - wenn möglich - ein Alltagsphänomen auf und führt das Thema der Lerneinheit ein. Der Basistext liefert anschließend eine ausführliche und umfassende Erklärung, die durch Bilder, Animationen und Simulationen ergänzt wird. Eine Anwendung der Informationen aus dem Basistext geschieht mithilfe von Experimenten und interaktiven Lernaufgaben.

Textgestaltung
Die Texte in dem E-Book berücksichtigen die Erkenntnisse aus der didaktischen und lernpsychologischen Forschung. Die Regeln für ein besseres Textverständnis aus der lernpsychologischen Forschung dienen dazu, dass die Belastung des Lesers beim Lesen so gering wie möglich gehalten wird. Grundlage hierfür sind die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2005) und die Cognitive Load Theory (CLT) nach Sweller (2011). Zusammenfassend besagen diese beiden Theorien, dass relevante Wörter und Bilder im Lernmaterial ausgewählt und zu einer kohärenten mentalen Repräsentation verbunden werden. Durch eine Optimierung der Text- und Bildgestaltung kann die Belastung des Arbeitsgedächtnisses durch diese Prozesse reduziert werden, so dass mehr kognitive Ressourcen für die Verarbeitung des Lerninhalts verbleiben.
Für die konkrete Umsetzung im eChemBook wurden in den Texten die Regeln nach Hartley (2004) angewendet. Die Texte bestehen aus kurzen Sätzen in aktiver Form mit kurzen, bekannten Wörtern. Pronomen werden weitestgehend vermieden, da dabei von den Schülerinnen und Schülern ein Bezug zu dem dazugehörigen Nomen hergestellt werden muss. Stattdessen wird der Begriff wiederholt. Diese Handlungsempfehlungen dienen der Reduktion der Belastung des Arbeitsgedächtnisses.
Als Ansprache wird das unpersönliche Indefinitvpronomen „man“ vermieden. Stattdessen wird der Leser oder die Leserin im Motivationstext direkt mit „du“ angesprochen (wie z. B. „In dieser Lerneinheit erfährst du, was sich zwischen den Teilchen befindet.“). Durch diese direkte Ansprache soll die Aufmerksamkeit erhöht und ein persönlicher Bezug zwischen Lerninhalt und Lernenden aufgebaut. Dieser persönliche Bezug führt zu einer erhöhten Bereitschaft, sich mit dem Inhalt auseinanderzusetzen (Personalisierungsprinzip; Clark & Mayer, 2011). In den weiteren Texten wird die Wir-Form verwendet. Allerdings kann an besonders wichtigen Punkten auch die direkte Ansprache erfolgen, um den Leser zu aktivieren.

Inhaltlich sind die Texte durch die Thematisierung von Schülervorstellungen geprägt. Hierbei werden explizit alternative wissenschaftliche Vorstellungen thematisiert, wie beispielsweise im Falle des Teilchenmodells die Vorstellung, dass Teilchen eine Farbe besitzen. Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass eine derartige Gestaltung von Texten dazu führt, dass Fehlvorstellungen reduziert werden und der Aufbau eines konsistenten Modells unterstützt wird (Beerenwinkel, 2006).

Bilder
Für die Auswahl und Gestaltung der Visualisierungen liefert die Lehr-/Lernforschung zwei wesentliche Hinweise, die sich auch in Abbildung 1 wiederfinden:

Abb. 1 Text-Bild-Beispiel mit den verwendeten Gestaltungsmerkmalen

Bildauswahl: Es sollten nur Bilder verwendet werden, die relevant für den Lernprozess sind (Kohärenzprinzip; Clark & Mayer, 2011; Mayer, 2005), da dekorative Bilder ablenken und damit den Lernprozess behindern könnten (Harp & Mayer, 1998).

Bildgestaltung: Texte und Bilder sollten in räumlicher Nähe dargestellt werden, damit sie gemeinsam verarbeitet werden können (Kontiguitätsprinzip; Clark & Mayer, 2011).
Die Fachdidaktik liefert zusätzlich noch weitere Gestaltungsmerkmale: Statt Kugeln sollten im Teilchenmodell andere Formen verwendet werden, um Verständnisschwierigkeiten bei der Einführung des Daltonschen Atommodell zu vermeiden (Bindernagel & Eilks, 2009). Die Farbe der Teilchen wird bewusst konträr zu den gängigen Schülervorstellungen gewählt, um einen kognitiven Konflikt auszulösen und hausgemachten Schülervorstellungen vorzubeugen, wonach Teilchen eines bestimmten Stoffs durch eine bestimmte Farbe charakterisiert sind. Zusätzlich wird in den Texten thematisiert, dass das Teilchenmodell keine Aussagen über Form und Farbe der Teilchen macht.

Simulationen und Animationen
Die bisher genannten Gestaltungsmerkmale von Text und Bild lassen sich auch in analogen Schulbüchern umsetzen. Digitale Schulbücher bieten zusätzlich die Möglichkeit, dynamische Prozesse in Form von Animationen, Simulationen und Videos darzustellen. Hierbei muss beachtet werden, dass nicht alles, was technisch möglich ist, auch lernförderlich ist. Bei der Verarbeitung von bewegten Bildern wird das Arbeitsgedächtnis stark belastet, da sehr viele Informationen in kurzer Zeit verarbeitet werden müssen (Sweller et al., 2011, S. 166). Um einen möglichst hohen Lernerfolg zu erzielen, sollte also zunächst geprüft werden, ob der Prozess auch durch eine Bilderfolge dargestellt werden könnte, um das Arbeitsgedächtnis zu entlasten. Es gibt jedoch auch sinnvolle Einsatzzwecke, insbesondere zur Darstellung von dynamischen Prozessen (z. B. Teilchenbewegung), bei denen dynamische Darstellungen das Verständnis unterstützen (Yezierski & Birk, 2006). Außerdem fördern Simulationen die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt (Mayer, 2005). Bei der Gestaltung der Simulationen und Animationen können die Gestaltungsmerkmale von Text und Bild übernommen werden.

Zusammenfassung & Ausblick
Die Fachdidaktik und die Lehr-Lernpsychologie bieten eine Vielzahl von Handlungsempfehlungen für die Text-Bild-Gestaltung. Viele von denen werden oft aus eher pragmatischen Gründen (Kosten) in analogen Büchern nicht umgesetzt. E-Books haben größere Gestaltungsfreiheiten. In ersten derzeit durchgeführten Studien sollte sich nun der Einfluss auf das Lernen mit dem eChemBook erweisen.

Literatur
Beerenwinkel, A. (2006). Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts.
Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (2009). Lehr(er)wege zu Teilchen und Atomen. Unterricht Chemie, 20(114), 9–14.
Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). e-Learning and the Science of Instruction. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer. doi:10.1002/9781118255971
Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. Journal of Educational Psychology, 90(3), 414–434. doi:10.1037//0022-0663.90.3.414
Hartley, J. (2004). Designing instructional and informational text. In D. Jonassen (Ed.), Handbook of Research in Educational Communications and Technology (2nd ed., pp. 917–947).
Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In The Cambridge handbook of multimedia learning (pp. 31–48). doi:10.1207/s15326985ep4102_2
Olling, B. (2009). Den Aufbruch in neue Gebiete begleiten. Lernchancen, 71(12), 8–11.
Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. Cognitive Load Theory (Vol. 1, pp. 57–69). doi:10.1007/978-1-4419-8126-4
Yezierski, E. J., & Birk, J. P. (2006). Misconceptions about the Particulate Nature of Matter. Using Animations To Close the Gender Gap. Journal of Chemical Education, 83(6), 954. doi:10.1021/ed083p954

Rouba Khaddoor Universität Bremen
Siham Al-Amoush
Ingo Eilks

Parallels and differences in Arab chemistry textbooks from different countries and teachers' view on chemistry education in Syria

Introduction

In the last decades, the Arab world was facing substantial changes. There is not much research of how these changes in economy, political systems and living conditions are affecting education in general and chemistry education in particular. Recent research reported still a quite traditional view on chemistry teaching in Arab countries by the teachers (e. g. Al-Amoush, Markic, Usak, Erdogan & Eilks, 2014). A recent study suggests a strong influence of culture on the chemistry classroom learning environment leading to such a traditional view (Markic et al., in print). However, the direct relation of certain aspects of culture on the teaching and learning of chemistry in Arab countries is not yet fully understood.

Educational reforms are on the agenda in many Arab countries (Al-Amoush, Markic & Eilks, 2011). Arab world governments realized in the last two decades that the educational infrastructures would ruin unless reform procedures start going on and including the teacher is the main key for successful innovation in education (Anderson & Helms, 2001). Reforms in education in Arab countries focus among others the use of the Internet, digital media, and other modern technical facilities. However, much progress is still to be made and this is more believable for some countries than for others. With small populations and high investments in their national networks, some Gulf states have matched international standards in ICT infrastructure, whereas geographically larger but poorer countries in the region stay behind (UNESCO Institute for Statistics, 2013). In spite of low level incomes and regressive economic situation in many Arab countries investment in educational reforms differs much (The World Bank, 2008). However, information about the curriculum and non-technology based pedagogies is still hard to find.

Modern topics like sustainability (e. g. Burmeister & Eilks, 2012), nanotechnology (e. g. Blonder & Sakhnini, 2012), or climate change chemistry (e.g. Ekborg & Areskoug, 2006) were about the topics of great interest for curriculum innovation in the last decade for researchers and educators, especially in the Western world. But implementation of new curricula and modern pedagogies seems to be a challenge both for industrialized and developing countries, and research and development in modern curricula is still limited in countries with a lower level of economic development. Corresponding knowledge about the curriculum and teaching practices in chemistry education in Arab countries as a ground for curriculum reform is still rare.

Since the teacher is the center of any educational reform investigations into school teachers' prior knowledge and beliefs should be focused in educational research more deeply (Haney Czerniak & Lumpe, 1996; Trigwell, Prosser & Taylor, 1994). But also the resources teachers can use need to be analyzed, e.g. school textbooks. This study is focusing grade-10 chemistry textbooks from different Arab countries, namely Syria, Jordan, Palestine, Egypt. Kuwait and Saudi-Arabia. Additional research is conducted about teachers' view on the curriculum and pedagogy by interviews in the case of Syria.

Our research intends to explore insights into teaching practices in Arab chemistry education in the case of Syria and beyond, into Syrian teachers' views on recent developments, into the applied teaching practices, and into how current events, like the political crisis in Syria, affects chemistry education practices.

Method and sample

The sample of the first part of the research reported in this paper are six chemistry textbooks from different Arab countries, namely Saudi-Arabia, Kuwait, Syria, Jordan, Palestine and Egypt. The analysis focuses mainly the curriculum and the representation of practical work. It compares the chemistry textbooks regarding several points on four levels, namely general structure, textual material, pictorial material, and conceptual levels.

A second part of the project is built on interviews with 15 secondary school teachers from Syria. A semi-structured interview with 21 to 25 questions was used to investigate the classroom learning environment. Interviews were conducted to collect data on teacher-textbook interaction, student-textbook interaction, teacher-technology interaction, student–technology interaction, teacher-laboratory interaction, student-laboratory interaction. The teachers' age range was from 25 to 50. The teachers' answers were analyzed, taking into account factors like the sector type (private vs. public), students' numbers in the class, teachers' ability's to use the Internet, talking about historical figures, regularity of laboratory work, teachers' attitudes towards modern topics like environment, food chemistry, nanotechnology, but also the history of chemistry. A final focus was on how chemistry teaching is affected by the Arab spring period and how the students interact with the curriculum under new circumstances regarding the demographic changes in Syria.

Results and discussion

Approximately all the chemistry textbooks have five chapters in average with about eight problems each in every chapter. The average chapter length in each book is the same. Typical topics are atomic structure, chemical calculation like molarity yield and weight percentage, organic chemistry concepts, salts, bases and acids, chemical and physical changes, chemical bonds, vapor pressure, solubility, chemical bonding, and thermochemistry. Although the main focus is similar, the presentation of the content differs from book to book in a few details. Reviews are provided for example in Saudi-Arabia, the most important concepts are collected in the last part of the book to let the student review their knowledge.

Most of the textbooks take mainly a traditional subject matter and structure-of-the-discipline oriented approach to learning chemistry. Basic chemistry like atomic structure is the major focus. Modern topics like sustainability and nanotechnology are not to be found except the textbook from Egypt. The survey shows that most textbooks in Arab countries still lack in contextualization and presenting modern and meaningful application from chemistry. There are a few trends towards special approaches to chemistry in some of the textbooks, like the Palestinian textbook focuses clearly on technology and engineering and provides much more illustrations of instruments and engineering work than any other book.

Historical figures can be found in all chemistry text books but there is more focus on Arabic historical figures than on Western ones, like in the Syrian book. In this book it is mentioned clearly that the students should be mainly familiar with Arab historical figures in science. Religious references can be found in the countries where the Islamic background is more dominant in life and society, e. g. Palestine, whereas it is rare in countries which try to follow quite liberal mentality in terms of religion or secular models, e. g. Syria.

The nature of illustration also differs from one country to another regarding imagination but also the view on society. There is some similarity in the textbooks which belong to Gulf countries, however these differ from Syria and Egypt where other parallels can be found. The differences between the books concern among others the use of picture colors. E. g. in Egypt colors are much brighter and friendly than in other countries. But also stereotypes differ. In Egypt there are pictures of woman and man in the same photo working together. Such pictures do not exist in textbooks from Saudi-Arabia or Kuwait. English words exist in

all textbooks from the Gulf countries and Egypt, with less use in Jordan and Palestine. There is no use of English words in the Syrian book where only Arabic language is being used.
From the teachers' interviews it can be concludes that there is low quality of education resulting in low performing student and less educated teachers alike in Syria. Teachers are demanding for reform although they do less complain of lacking or shortage of chemicals or equipment in the school. The teachers feel suffering from issues like bureaucracy and missing support by school authorities. For example most of the teachers are complaining on the lab keepers who to their feeling are often unavailable in the school. This situation was considered getting even worse by the current political crisis in Syria.

Conclusions

All the Arab countries have a related cultural background. However, presentation of science in textbooks differs. These initial findings suggest that there is also a strong influence by the socio-political environment on how chemistry is presented in the curriculum and this differs even within the Arab world countries. These initial findings need to be elaborated more in depth. This might help to better understand differences between the Arab countries, e.g. differences between the Gulf countries in one side, which are rich but very traditional, and the near east countries in the other side which are close to poverty but middle liberty exists.
Such understanding of parallels and differences might help to better understand the influence of cultural backgrounds, norms, stereotypes, but also socio-economic views on the curriculum and the learning of science in Arab countries. However, also comparison of science education in the Arab countries with external references from other countries or cultures as suggested in Al-Amoush et al. (2014) or Markic et al. (accepted for publication) might help to better understand the situation in Syria. Such knowledge might be valuable to guide reform in science education in Arab countries better towards modern curricula and pedagogies fitting the corresponding socio-cultural and economic environment.

References

Al-Amoush, S., Markic, S., Abu-Hola, I., & Eilks, I. (2011). Jordanian prospective and experienced chemistry teachers' beliefs about teaching and learning and their potential role for educational reform. Science Education International, 22, 185-201.

Al-Amoush, S., Usak, M., Erdogan, M., Markic, S., & Eilks, I. (2014). Beliefs about chemistry teaching and learning – a comparison of teachers and student teachers from Jordan, Turkey and Germany. International Journal of Science and Mathematics Education, 12, 767-792.

Anderson & Helms, (2001). The ideal of standards and the reality of schools. Journal of Research in Science Teaching, 38, 3-16.

Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. Chemistry Education: Research and Practice, 13, 500-516.

Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. Chemistry Education Research and Practice, 13, 93-102.

Ekborg, M., & Areskoug, M. (2006). How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. NorDiNa, 5, 17-29.

Haney, J., Czerniak, C., M., and Lumpe A., T., (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. Journal of Research in Science Teaching, 33, 971–993.

Markic, S., Mamlok, R., Hugerat, M., Hofstein, A., Dkeidek, I., Kortam, N., & Eilks, I. (accepted for publication). One country, two cultures - A multi-perspective view on Israeli chemistry teachers` beliefs about teaching and learning. Teachers and Teaching: Theory and Practice.

Trigwell, K., Prosser, M., & Taylor, P. (1994). Qualitative differences in approaches to teaching first year university science. Higher Education, 27, 75-84.

The World Bank, (2008). The road not travelled: Education reform in the Middle East and North Africa. The World Bank report.

UNESCO Institute for Statistics (2013). Information and communication technology (ICT) in education in five Arab states, a comparative analysis of ICT integration and e-reading in schools in Egypt, Jordan, Oman, Palestine and Qatar. April.

Lars-Jochen Thoms LMU München
Andrea Lisa Nagel
Raimund Girwidz

QR-Codes zur Informationsbereitstellung in der universitären Lehre

Einleitung

An der LMU München besuchen Lehramtskandidaten während ihres Studiums zwei Seminare zum schulbezogenen Experimentieren, in denen sie eigenständig Versuche aufbauen. Obwohl Bedienungsanleitungen und Datenblätter der Experimentiergeräte bereitgestellt sind und die vorherige Einsichtnahme explizit verlangt wird, ist die Handhabung nicht immer sachgerecht. Im ungünstigsten Fall treten sogar Geräteschäden durch Fehlbedienung auf. Auch gaben Studierende in einer Befragung die Unkenntnis der Gerätebedienung als Hauptgrund für das Misslingen eines Versuchs an. Aus Zeitmangel wurden Anleitungen nicht in ausreichendem Maß bei der Versuchsvorbereitung hinzugezogen.
Um den Studierenden den Zugang zu Anleitungen und Datenblättern zu erleichtern und sie zur Einsichtnahme zu motivieren, wurden diese digitalisiert und die Geräte mit QR-Codes versehen. Durch Scannen der Codes mit einem Smartphone oder Tablet können diese Anleitungen und Datenblätter neben weiteren gerätespezifischen Informationen über das Internet abgerufen werden.

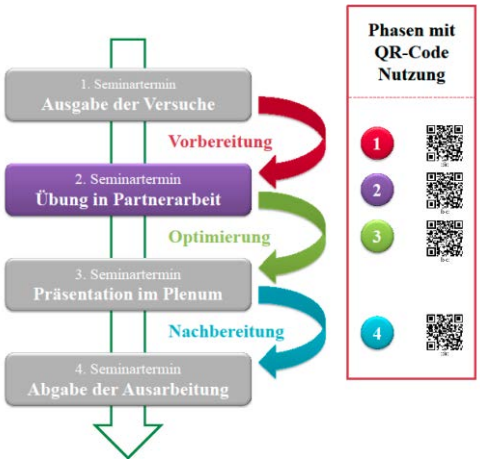


Abb. 1: Seminarablauf und Phasen mit möglichem QR-Code-Einsatz. Eine Versuchsaufgabe wird drei Wochen lang bearbeitet.

Gerätebedingte Schwierigkeiten beim Experimentieren

Aus der fachdidaktischen Forschung zu physikalischen Praktika geht hervor, dass sich Schwierigkeiten bei der Versuchsdurchführung zum Teil auf die Komplexität des Praktikumsversuches als Lernumgebung zurückführen lassen (Nakhleh & Krajcik, 1994). Häufig sind die eingesetzten Geräte Studierenden unbekannt und finden nur einmalig Anwendung, was die Versuchsdurchführung zusätzlich erschwert (Aufschnaiter, 1999). Beim erstmaligen Umgang mit unbekannten Geräten beziehen sich die Experimentierhandlungen der Lernenden zunächst auf die Erkundung der Geräte (Aufschnaiter, Aufschnaiter, & Schoster, 2000). Auch die Kommunikation unter Studierenden während der Versuchsdurchführung ist maßgeblich von der Handhabung und dem Umgang mit dem Versuchsmaterial bestimmt (Haller, 1999; Hucke, 1999; Theyßen, 2000; Sander, 2000).

QR-Codes als Unterstützung beim Experimentieren

Jedes Gerät erhält einen eigenen QR-Code zur eindeutigen Identifikation. Wird dieser Code mit einem Smartphone oder Tablet eingescannt, zeigt die aufgerufene Internetseite neben der Bezeichnung des Gegenstandes folgende Informationen: Zunächst wird ein *Foto* angezeigt. Dies gibt dem Benutzer eine direkte Rückmeldung, dass sich die dargestellten Informationen auf das eingescannte Gerät beziehen. Danach folgt eine Liste mit verknüpften *Dokumenten*. Hier werden Datenblätter, Gerätekarten und Bedienungsanleitungen aufgeführt. Zusätzlich können hier Videoanleitungen beispielsweise zu Versuchen oder Sicherheitshinweisen bereitgestellt werden. Ein Abschnitt *Links* bindet externe Angebote wie Herstellerseiten, Versuchsvideos und Versuchsanleitungen im Internet ein und verknüpft das Gerät mit der in den Seminaren verwendeten Lernplattform. Zuletzt werden *Inventarinformationen* wie Hersteller, Artikelnummer des Herstellers, ggf. Inventarnummer und vor allem der Lagerort des Gegenstandes in der Sammlung angezeigt. Dies erleichtert es den Studierenden, Geräte nach dem Experimentieren wieder in die Sammlung einzuordnen.

Abb. 2: QR-Codes unterstützen das Experimentieren. QR-Codes können vom Aufgabenblatt oder direkt vom Gerät eingescannt werden. Nach dem Einscannen des QR-Codes werden auf dem Tablet, Smartphone oder Computer gerätespezifischen Informationen wie Datenblätter, Videoanleitung, Versuchsanleitungen und vieles mehr angezeigt. Inventarinformationen wie Angaben zum Lagerort erleichtern es den Studierenden, Geräte in der Sammlung aufzufinden und diese nach dem Experimentieren wieder in die Sammlung einzuordnen.

Erste Erfahrungen und Ausblick

Zur Untersuchung, wie das neue Informationsangebot von Studierenden angenommen wird, wurde das Nutzerverhalten im Sommersemester 2014 analysiert. Außerdem wurden im Rahmen des Experimentierseminars sechs Experimentieraufgaben ausgegeben, auf die jeweils ein bis fünf QR-Codes von benötigten Materialien (wie z. B. Bogenlampe, Nebelkammer, Geiger-Müller-Zähler) aufgedruckt waren.

Den Aufgaben waren insgesamt 18 QR-Codes beigefügt, von denen 17 genutzt wurden. Lediglich bei der Experimentieraufgabe mit fünf aufgedruckten Codes wurde der fünfte QR-Code nicht mehr verwendet. Es wurden also jeweils bis zu vier QR-Codes eingescannt.

Ein Vergleich der Nutzungszeitpunkte verschiedener QR-Codes und zugehöriger Links bezogen auf Studierendengruppen und Praktikumsphasen zeigt Folgendes:

In der Vorbereitungsphase haben drei von sechs Gruppen jeweils mindestens einen zugewiesenen QR-Code eingescannt. Zwei dieser Gruppen haben auch verknüpfte Bedienungsanleitungen abgerufen. Die dritte Gruppe hat einen fertigen Versuchsaufbau benutzt, dessen einfache Bedienung keine Anleitung verlangte.

In der Übungsphase haben alle Gruppen mit Ausnahme dieser dritten Gruppe Informationen abgerufen.

In der Zwischenphase zur Optimierung des Versuchs haben die Gruppen 2, 3 und 5 noch QR-Codes eingescannt und zwei dieser drei Gruppen erweiterte Informationen abgerufen. Diese Gruppen haben QR-Codes auch nach der Versuchsvorführung im Plenum in der Phase der Protokollerstellung verwendet.

Gruppe	Vorbereitung 1	Übung 2	Optimierung 3	Nachbereitung 4	Versuch
1	++	+			Herschel-Versuch
2	++	++	++	+	Abschirmung
3	+				Farbspektrum/-mischung
4		++	++	+	Abstandsgesetz
5		+	+		menschliches Auge
6		+			Nebelkammer*

*Abb. 3: Abruftiefe verschiedener QR-Codes je Studierendengruppe und Praktikumsphase. ( ) kein QR-Code abgerufen; (+) mindestens ein QR-Code abgerufen; (++) mindestens ein QR-Code und zugehöriger Link abgerufen. *Der Nebelkammer lag eine Bedienungsanleitung in gedruckter Form anbei.*

Bezüglich der Experimentieraufgaben hat sich gezeigt, dass das zusätzliche Informationsangebot von den Studierenden angenommen wird. Jedoch stellt sich die Frage nach einer sinnvollen Höchstzahl an beizufügenden gerätebezogenen QR-Codes.
Im Wintersemester 2014/15 sollen verstärkt QR-Codes zur Vorbereitung und Durchführung der Versuche in den Experimentierseminaren eingesetzt und deren Wirksamkeit untersucht werden.

Literatur

Aufschnaiter, C. von. (1999). Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben. Berlin: Logos-Verl.

Aufschnaiter, S. von, Aufschnaiter, C. von, & Schoster, A. (2000). Zur Dynamik von Bedeutungsentwicklungen unterschiedlicher Schüler(innen) bei der Bearbeitung derselben Physik-Aufgaben. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 37–57.

Haller, K. (1999). Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen: Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum. Berlin: Logos-Verl.

Hucke, L. (2000). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos.

Nakhleh, M. B., & Krajcik, J. S. (1994). Influence of Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts. Journal of Research in Science Teaching, 31(10), 1077–1096.

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

Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Berlin: Logos-Verl.

Mareike Bolten Universität Oldenburg
Verena Pietzner

Nutzung von Visualisierungen in Chemievorlesungen: ein Beispiel aus Japan

Einführung

Das Fach Chemie ist eine hoch konzeptionell strukturierte Wissenschaft. Viele relevante Fakten können zwar durch reines Auswendiglernen gelernt werden, das tiefere Verständnis der Konzepte erfolgt jedoch erst durch die Verknüpfung der Einzelkonzepte. Computerbasierte, interaktive Visualisierungen chemischer Konzepte und 3D-Molekülmodelle können den Erwerb chemischen Grundlagenwissens durch die Umwandlung abstrakter Informationen in visuelle Darstellungen unterstützen und so das Verständnis dieser Prozesse fördern (Weiss et al., 2002). Im Rahmen des Forschungsprojektes ChiLe@Uni wurden interaktive 2D-Animationen chemischer Grundkonzepte und 3D-Molekülmodelle als begleitende Visualisierungen für eine zweisemestrige Vorlesung der allgemeinen und anorganischen Chemie für Nebenfachstudierende der Shizuoka University (Japan) entwickelt und eingesetzt. Die begleitende Evaluation untersuchte die Einstellung der Studierenden zum Fach Chemie (Bandura, 1986) sowie die chemiebezogenen und alltagsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen, die sowohl auf die Lernerfahrungen der Studierenden als auch die motivationale Aspekte des Lernens Einfluss nehmen (Dalgety et al., 2003). Die Visualisierungen wurden während der Vorlesungen verwendet und standen zusätzlich auf einer eLearning-Plattform für die individuelle Lernphase zur Verfügung.

Abb. 1: Momentaufnahme der Vorlesung (Bolten, 2012)

Untersuchungsmethodik

Die durch die zwei aufeinander aufbauenden Vorlesungen auftretenden Veränderungen in der Selbsteinschätzung der Studierenden wurden im Pre-Post-Design mittels eines Fragebogens innerhalb der Kontroll- und Experimentalgruppen erhoben. Für den Fragebogen wurden aus publizierten Untersuchungsinstrumenten (Dalgety et al., 2003; Uzuntiryaki & Çapa Aydın, 2009; Forman & Pomerantz, 2006; Yavuz, 2005) relevante Skalen extrahiert und diese zu einem neuen Fragebogen mit den folgenden Skalen zusammengestellt: Einstellung der Studierenden zu Chemie verwandten Themen, chemiebezogene Erfahrungen, Einstellung gegenüber der Chemie sowie Nutzung von Computern im Allgemeinen und zum Lernen. Der Fragebogen wurde sowohl in der Pre- als auch in der Post-Befragung verwendet, wobei er hier um die Skala einer Dozentenbewertung ergänzt wurde. Die Fragebögen wurden mittels SPSS 20 erfasst und ausgewertet. Zuerst wurden die einzelnen Skalen der vier Teilgruppen (CL: Vorlesung Kontrollgruppe; TL: Vorlesung Experimentalgruppe) berechnet. Um die Veränderungen im Vergleich der traditionellen mit der visualisierungsunterstützten Form der Vorlesung sichtbar zu machen, wurde im Anschluss eine neue Vergleichsvariable aus der Differenz der Post- und Pre-Ergebnisse berechnet und diese anschließend mittels H-Test verglichen.

Insgesamt nahmen an dieser Untersuchung in Vorlesung L1 176 (Kontrollgruppe) bzw. 163 Studierende (Experimentalgruppe) teil. Die Studierenden verteilten sich dabei zu etwa gleichen Teilen auf die beiden Teilvorlesungen L1.1 (CL1.1: n = 89; CL1.2: n = 87) bzw. L1.2 (TL1.1: n = 81; TL1.2: n = 83). In Vorlesung L2 wurde die Teilvorlesung L2.1 von einem

größeren Anteil der Studierenden (CL2.1: n = 100; TL2.1: n = 94) als die Teilvorlesung L2.2 (CL/TL2.2: n= 77) besucht. Der Hauptteil der Studierenden befand sich zu diesem Zeitpunkt im Alter von 18/19 Jahren.

Ergebnisse

Die Erhebung zeigt Unterschiede bei den Veränderungen in der Selbsteinschätzung der Studierenden in den erhobenen Skalen zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe der vier Vorlesungen (Abb. 2).

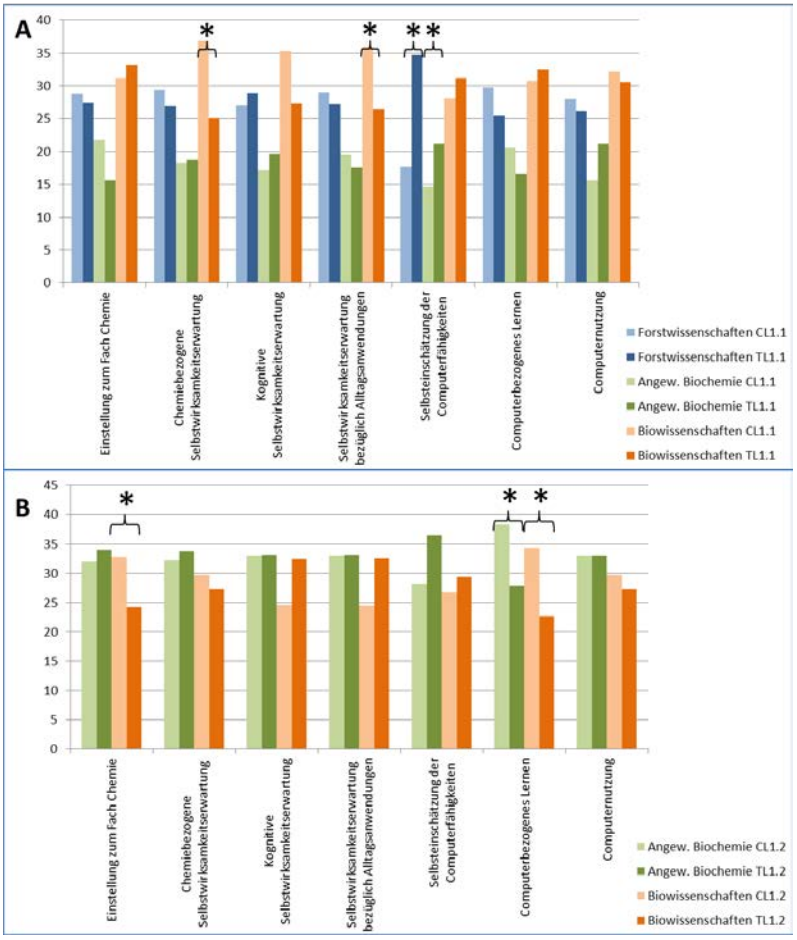


Abb.2: Wilcoxon-Test, Vergleich der Veränderungen der Skalenbewertung der Nebenfachstudierenden der Kontroll- und der Experimentalgruppe, Auswertung repräsentativer Gruppen (> 12 TN), Kennzeichnung signifikanter Unterschiede mit (*). (A) Vorlesung L1.1, (B) Vorlesung L1.2

Signifikante Unterschiede in der Veränderung der Bewertung der Skalen betreffen in Vorlesung L1.1 bei den Studierenden der Forstwissenschaften und der Angewandten Biochemie die Einschätzung der eigenen Computerfähigkeiten. Die Studierenden der Biowissenschaften bewerteten die chemiebezogene Selbstwirksamkeitserwartung und die Selbstwirksamkeitserwartung bezgl. Alltagsanwendungen in der Kontrollgruppe höher. Während in Vorlesung

L1.2 die Studierenden der Biowissenschaften die eigenen Computerfähigkeiten signifikant unterschiedlich einschätzten, bewerteten die Studierenden der Biowissenschaften sowohl die Einstellung gegenüber der Chemie und die Computerfähigkeiten in der Kontrollgruppe besser. In Vorlesung L2.1 wurde bei den Studierenden der Angewandten Biochemie hingegen in der Experimentalgruppe eine signifikant bessere Einschätzung der eigenen Computerfähigkeiten festgestellt, während in L2.2 zwischen den Untersuchungsgruppen der Studierenden der Biowissenschaften kein signifikanter Unterschied bestand. Es ist keine geschlechterspezifische Bewertung der Skalen zu erkennen.

Auswertung

Die Ergebnisse der Studie sind nicht eindeutig. Signifikante Änderungen sind bei den Studierenden der Nebenfächer Forstwissenschaften, Angewandte Biochemie und Biowissenschaften zu erkennen; aufgrund der geringen Gruppengrößen konnten die Ergebnisse leider nicht über alle Teilvorlesungen verfolgt werden. In der Tendenz ist bei den Studierenden eine eher geringe Einschätzung der eigenen Fähigkeiten festzustellen, welche unter Berücksichtigung des kulturellen Hintergrundes jedoch typisch ist. Die Skalenbewertungen fielen in den Kontrollgruppen tendenziell höher aus als in den Experimentalgruppen. Eine Ausnahme ist bei den leistungsstärkeren Studierenden der L2.1 zu erkennen.

Literatur

Bandura, A. (1986). The Explanatory and Predictive Scope of Self-Efficacy Theory. Journal of Social and Clinical Psychology, 4 (3), 359 - 373.

Dalgety, J.; Coll, Richard K.; Jones, A. (2003). Development of Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ). Journal of Research in Teaching Science, 40 (7), S. 649 - 668.

Forman, L. J.; Pomerantz, S. C. (2006): Computer-Assisted Instruction: A Survey on the Attitudes of Osteopathic Medical Students. The Journal of the American Osteopathic Association, 106 (9), S. 571 - 578.

Gallagher, D. (2007). Learning styles, self-efficacy, and satisfaction with online learning: Is online learning for everyone? Dissertation. Graduate College of Bowling Green.

Uzuntiryaki, E.; Çapa Aydın, Y. (2009). Development and Validation of Chemistry Self-Efficacy Scale for College Students. Research in Science Education, 39 (4), S. 539 - 551.

Weiss, R. E., Knowlton, D. S., Morrison, G. R. (2002). Principles for using animation in computerbased instruction: theoretical heuristics for effective design, Computers in Human Behavior, 18, 465–477.

Yavuz, S. (2005). Developing A Technology Attitude Scale For Pre-Service Chemistry Teachers. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4 (1), S. 17 - 25.

Stefan Richtberg LMU München
Raimund Girwidz

Digitale Lernumgebung zur Bewegung von Elektronen in E- und B-Feld

Zusammenfassung
Die Einbettung von digitalen Experimenten in Online-Lernumgebungen eröffnet vielfältige Möglichkeiten zur Unterstützung von Lernprozessen. Das digitale Medium erleichtert die Nutzung von integrierten und dynamisch verlinkten Repräsentationsformen und ermöglicht den Schritt in die „Augmented Reality". Ebenso können hier verschiedene Unterstützungsmaßnahmen wie Advance Organizer oder gestufte Hilfen realisiert werden. Zusätzlich ist ein individuelles Feedback für den Nutzer direkt im Experimentier- und Lernprozess möglich. In der entwickelten Lernumgebung zum Thema „Bewegung von Elektronen im elektrischen und magnetischen Feld" wurden diese Möglichkeiten eingesetzt, um Theorie und Experiment möglichst eng miteinander zu verknüpfen. Eine Studie mit drei 11. Klassen zeigte, dass Schüler hierfür sehr unterschiedliches Vorwissen zum Superpositionsprinzip mitbringen. Die Möglichkeiten, in der Lernumgebung mit der Elektronenablenkröhre zu experimentieren, wurden von den Schülern ausgiebig genutzt. Der Erfolg beim experimentellen Prüfen und Bewerten von zuvor ausgewählten Hypothesen war jedoch unterschiedlich. So gelang dies in Bezug auf den Einfluss der Ablenkspannung einer Elektronenablenkröhre auf die Bahn der Elektronen gut, bzgl. des Einflusses der Beschleunigungsspannung nur teilweise.

Theoretischer Hintergrund
Aus didaktischer Perspektive bietet der Einsatz von multimedialen Elementen eine ganze Reihe von Möglichkeiten, um neue Lernwege zu realisieren und lernrelevante Schüleraktivitäten bei der quantitativen Auswertung von Experimenten zu fördern. Remotely Controlled Laboratories (RCLs) und Virtual Laboratories (VLs) erlauben Schülerinnen und Schülern selbstständig am Computer Experimente zu steuern und durchzuführen, die als klassisches Schülerexperiment zu gefährlich oder mit einer Schulsammlung nicht zu realisieren sind. Bettet man diese computergestützten Experimente in Lernumgebungen ein, so lässt sich jeder Nutzer individuell in seinem Experimentierprozess unterstützen und fördern. Hierfür sind nach Fund (2007) vier verschiedene Arten von Scaffolding zu unterscheiden:

- strukturelles Scaffolding bietet Orientierung und strukturiert den Lernprozess zum Beispiel durch Navigationsleisten oder einen Advance Organizer
- inhaltliches Scaffolding bietet Hilfen fachlicher Art, um beispielsweise fehlendes Vorwissen auszugleichen
- reflektives Scaffolding aktiviert metakognitive Monitoring-Prozesse, die bspw. dazu anregen, über das allgemeine Vorgehen nachzudenken oder zur Fehlersuche anleiten
- anreicherndes Scaffolding zeigt Vernetzungsmöglichkeiten des zu erwerbenden Wissens mit bereits gelerntem oder mit bekannten Phänomenen aus der Lebenswelt auf; erleichtert damit die Verankerung des Lerngegenstandes im individuellen Wissensnetz

Rückmeldungen über Erfolg und Misserfolg beim Bearbeiten von Aufgaben fallen somit in den Bereich des reflektiven Scaffoldings. Solches Feedback hat beim Lernen und Lehren auch immer das Ziel, falsche Vorstellungen zu verändern, richtige Vorgehensweisen zu stärken und das Lernen zu fördern. Dies wird schon in Shutes Definition von Feedback als „information communicated to the learner that is intended to modify his or her thinking or behavior for the purpose of improving learning" (Shute, 2008, S. 154) deutlich. In einer Lernumgebung kann Feedback dazu so gestaltet werden, dass Nutzer es noch während ihres Arbeitsprozesses erhalten. Die zeitliche Positionierung direkt im Lernprozess führt dazu, dass gemachte Fehler zeitnah aufgezeigt werden und so ein Festigen falscher Vorstellungen

vermieden wird. Weiterer Vorteil des Feedbacks durch die Lernumgebung ist, dass es sich um ein hochgradig individuelles Feedback handelt, da das Feedback von den Aktivitäten und Eingaben des Nutzers abhängt. Eine solch individualisierte, direkt im Lernprozess stattfindende Rückmeldung ist beim Unterricht im Klassenverband für einen einzelnen Lehrer nur schwer zu realisieren.
Eine strukturierte Umgebung, gestufte Hilfen und individuelles Feedback sind insbesondere dann notwendig, wenn inhaltlich anspruchsvolle Aufgaben wie die quantitative Auswertung von Experimenten bearbeitet werden sollen (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006).
Zusätzlich sind bei der Betrachtung der Elektronenbewegung in E- und B- Feld zentrale Elemente, wie einzelne Elektronen und die Felder selbst, nicht direkt sichtbar. Hier bietet der Einsatz von Multimedia hilfreiche Visualisierungsmöglichkeiten. Animationen und Simulationen können einzelne Elektronen modellhaft sichtbar machen oder es können reale Versuchsaufbauten durch zusätzliche Schemazeichnungen erweitert werden. Solche multiplen Repräsentationen können durch den notwendigen Übersetzungsprozess zu einem vertieften Verständnis des dargestellten Sachverhaltes führen. Allerdings sollten sie dazu integriert und dynamisch verlinkt sein (van der Meij & de Jong, 2006). Werden hierbei reale Bilder mit zusätzlichen Informationen angereichert, so führt dies zu einer „Augmented Reality“.

Die Lernumgebung im Überblick

Die Lernumgebung beinhaltet jeweils ein Kapitel über die Beschleunigung von Elektronen im Längsfeld, ihre Ablenkung im elektrischen Querfeld und ihre Bewegung im homogenen Magnetfeld eines Helmholtzspulenpaares. Die Beschleunigung im Längsfeld wird mithilfe einer Simulation visualisiert und enthält neben der klassischen auch eine relativistische Berechnung. Die Abschnitte über die Ablenkung im Querfeld und die Bewegung im Magnetfeld gehen von den jeweiligen Versuchsaufbauten aus. Hieraus werden Hypothesen generiert und mithilfe der Experimente (vgl. Abb. 1 und 2) geprüft.

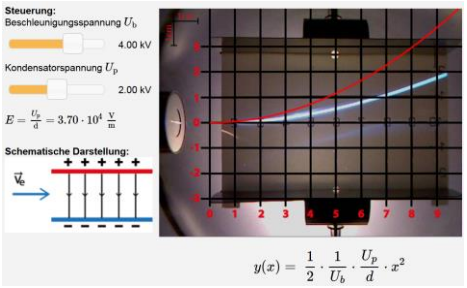


Abb. 1: Experiment zur Ablenkung im Querfeld mit überlagertem Funktionsgraph

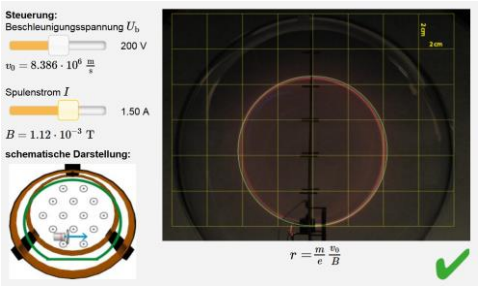


Abb. 2: Experiment zur Bewegung im B-Feld mit überlagerter Kreisbahn

Anschließend wird schrittweise eine Funktion zur mathematischen Beschreibung des Einflusses der einzelnen Parameter auf die Bahn der Elektronen entwickelt. Der Graph dieser Funktion wird dabei über das Bild des Realexperimentes gelegt und bietet so ein direktes, optisches Feedback.
Weiter bietet die Umgebung ausführliche Herleitungen und Übungsaufgaben. Das gesamte Programm finden Sie unter: http://www.didaktik.physik.lmu.de/elektronenbahnen/.

Die Untersuchung

Zur Untersuchung der Lernumgebung wurde eine explorative Studie mit Pre-Test, Intervention und Post-Test durchgeführt. Teilnehmer waren drei elfte Klassen mit 52 Schülerinnen und Schülern eines bayerischen Gymnasiums. Nach dem Pre-Test mit acht Items aus dem

Force Concept Inventory zu überlagerten Bewegungen fand der Unterricht im Computerraum statt. Die Schüler arbeiten 45 Minuten selbstständig am Abschnitt über die Ablenkung von Elektronen im elektrischen Querfeld. Dabei wurden alle Interaktionen der Schüler mit der Lernumgebung erfasst und in einer Datenbank gespeichert. Dieses Vorgehen erlaubte eine rückwirkungsfreie Dokumentation des Arbeitsprozesses. In der folgenden Stunde fand der Post-Test mit 22 Items aus den Bereichen Versuchsaufbau, Einfluss einzelner Parameter, grundlegende Gesetzmäßigkeiten und mathematische Berechnung statt. Ziel der Studie war die Nutzungsakzeptanz der Lernumgebung abzusichern, inhaltliche Schwierigkeiten auf Seiten der Schüler zu identifizieren und den Nutzen der dargebotenen Hilfen und des Feedbacks beim quantitativen Auswerten von Experimenten zu prüfen.

Erste Ergebnisse

Der Pre-Test machte deutlich, dass das Wissen der Schüler über das Superpositionsprinzip sehr heterogen war. Acht Schüler erreichten die maximal mögliche Punktzahl, während drei Schüler nur ein Item richtig beantworteten und acht Schüler nur zu zwei richtigen Antworten gelangten. Die Analyse der Logfiles zeigte, dass alle Schüler von den Interaktions- und Experimentiermöglichkeiten der Umgebung Gebrauch machten. Weiter fiel eine sehr unterschiedliche Wahl von Hypothesen bzgl. des Einfluss von Beschleunigungs- und Ablenkspannung auf die Bahn der Elektronen auf. Während 65 % die zutreffende Vermutung über den Einfluss der Kondensatorspannung auf die Flugbahn auswählten, gelang dies mit Bezug auf die Beschleunigungsspannung der Elektronenkanone nur 47 %. Hier stellten 41 % die Vermutung auf, dass diese keinen Einfluss auf die Bahn im Kondensator hat.
Auch beim Prüfen und Bewerten der aufgestellten Hypothesen mithilfe des Experimentes zeigte sich ein ähnliches Bild. Bezüglich des Einflusses der Ablenkspannung bewerteten 85 % ihre Hypothese korrekt, bezüglich des Einflusses der Beschleunigungsspannung nur 67 %. Bei der Entwicklung einer mathematischen Beschreibung für die Bahn der Elektronen benötigten 92 % der Nutzer Unterstützung durch vorgegebene Formelbausteine.

Diskussion

Das heterogene Vorwissen verdeutlicht, dass die Lernumgebung so konzipiert werden muss, dass kein Vorwissen zu überlagerten Bewegungen vorausgesetzt wird. Weiter wird erkennbar, dass der Einfluss der Beschleunigungsspannung auf die Elektronenbahn für Schüler schwerer zu identifizieren ist, als der Einfluss der Kondensatorspannung. Hier könnte eine kleinschrittigere Abfolge von Aufgaben helfen, insbesondere den Erfolg beim Bewerten der Hypothesen zu verbessern. Dass fast alle Nutzer auf die angebotenen Formelbausteine zurückgriffen, zeigt, dass die selbstständige Entwicklung einer mathematischen Beschreibung intensiv unterstützt werden muss. Gerade in diesem Punkt besitzt die Einbettung des Experimentes in eine Lernumgebung ihre Stärken, da so durch „Augmented-Reality-Elemente“ wie den über dem Bild des Realexperimentes dargestellten Plot der entwickelten Funktion ein leicht verständliches und individuelles Feedback dargeboten werden kann. Auf diese Weise unterstützt, können Schüler das selbstständige quantitative Auswerten von Experimenten schrittweise erlernen.

Literatur

Fund, Z. (2007). The effects of scaffolded computerized science problem-solving on achievement outcomes: a comparative study of support programs. Journal of Computer Assisted Learning, 23(5), 410–424.

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.

Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153–189.

van der Meij, J., & de Jong, T. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. Learning and Instruction, 16(3), 199–212.

Jirka Müller Universität Potsdam
Andreas Borowski
Uta Magdans

Smartphoneexperimente außerhalb des Klassenraums

Motivation und Zielsetzung

Untersuchungen zeigen, dass Experimente im Physikunterricht viel Unterrichtszeit einnehmen (z. B. Börlin, 2012). Gute Experimente stellen dabei motivierende Lerngelegenheiten dar, die gemäß konstruktivistischer Lerntheorien zusätzlich in Alltagskontexte einzubetten sind (de Witt & Czerwionka, 2007). Der Einsatz von Smartphones als Medium und Messinstrument eröffnet hierbei neue Möglichkeiten für authentische Experimente (Kuhn et al., 2011). Diese Möglichkeiten können aber nur umfassend für die Schule nutzbar gemacht werden, wenn die verwendeten Apps nach didaktischen Gesichtspunkten erstellt sind (Rensing & Tittel, 2013). Bislang gibt es noch keine Apps, die nach einem didaktischen Konzept gestaltet wurden.
Ziel dieser Studie ist es, ein Lernangebot, bestehend aus einer App und außerschulischen Unterrichtsszenarien, iterativ zu entwickeln. Dieses Lernangebot wird dann auf Akzeptanz bei Schülerinnen und Schülern sowie bei Lehramtsstudierenden getestet, wobei die Ergebnisse Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen sollen.
Hierzu wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Potsdam eine App entwickelt, die einen vollständigen Experimentierkreislauf (Labudde & Börlin, 2013) abdecken kann. Die zugehörigen Unterrichtseinbettungen werden nach einem enquiry–based–learning (EBL) Ansatz gestaltet (z. B. Schwab, 1960).

Akzeptanzanalyse vs. Lernwirksamkeitsuntersuchung

Beim EBL führen Lernende eigenständig Untersuchungen durch, wenden dabei naturwissenschaftliche Methoden an und reflektieren sowie diskutieren mit anderen sowohl den Erkenntnisprozess als auch die Ergebnisse. Das EBL verlangt damit den Schülerinnen und Schülern ein hohes Maß an Eigenverantwortung ab (Raymond & Walters, 2009). Nur mit einer genügend hohen Motivation sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, dabei qualitativ hochwertig zu arbeiten und für sich einen Lernzuwachs zu generieren (Edelson et al., 1999).
Das Arbeiten mit der App in den Unterrichtseinbettungen als „Produkt“ müsste demnach von den Schülerinnen und Schülern als „Bediener“ akzeptiert werden, um lernwirksam zu sein. Zusätzlich muss es auch von Lehrkräften als „Benutzer“ akzeptiert sein, um als Unterrichtsmethode angewendet zu werden (Barre et al., 2008). Daher müssen bei der Einführung des Produkts zuerst Akzeptanzanalysen vorgenommen werden, bevor andere Untersuchungen folgen können.

Akzeptanzanalyse als Methode

Die Erhebung der Akzeptanz als Voraussage für den Erfolg eines neuen Techniksystems wie dem oben beschriebenem Produkt ist ein Forschungszweig der Wirtschaftsinformatik. Akzeptanzforschung in der Wirtschaftsinformatik untersucht, „[…] wie ein Verhalten aufgrund der Einstellungen zustande kommt und von welchen Faktoren die Einstellungen und das Verhalten beeinflusst werden“ (Bürg et al., 2005, S. 5). Die Akzeptanzanalyse eignet sich daher gut, um in einem ersten Evaluierungsschritt des Produkts den Grad der Nutzungszufriedenheit der Schülerinnen und Schüler als Lernvoraussetzung sowie die für die Nutzung des Produkts im eignen, zukünftigen Unterricht notwendige Einstellungsakzeptanz zu untersuchen. Im Folgenden werden zwei ausgewählte

Akzeptanzmodelle beschrieben, die für die Untersuchung übernommen werden sollen. Dabei werden die Kategorien übernommen und die zu verwendenden Items an das Produkt angepasst.
Das Inputmodell nach Davis (1989) beschreibt eine subjektiv wahrgenommene Kosten-Nutzen-Rechnung als Inputparameter für die Akzeptanz. Je nützlicher die Technik zu sein scheint (PU) und je einfacher sie dabei zu bedienen ist (PEoU), desto eher wird Akzeptanz als Nutzungsabsicht und daraus resultierend auch als tatsächliche Systemnutzung vorliegen. Zusätzlich wirken auf PU und PEoU so genannte externe Variablen ein, die unter anderem biografische Faktoren beinhalten. Dieser Abwägungsprozess setzt eine freie Entscheidung für oder gegen die Technik voraus und ähnelt damit der Methodenwahl einer Lehrkraft.
Das Rückkopplungsmodell nach Reichwald et al. (1979) ist deutlich komplexer. Es beschreibt die Akzeptanz als Passung von persönlichen, organisatorischen und technischen Merkmalen, die die organisatorischen und persönlichen Merkmale in einem Rückkopplungsprozess auch verändern kann. Organisatorische Merkmale setzen sich dabei aus dem Arbeitsumfeld, der Ausstattung und der Organisationsstruktur zusammen. Persönliche Merkmale beinhalten Individualfaktoren wie Geschlecht, für die Technikbedienung relevante physiologische Merkmale wie Motorik oder Farbwahrnehmung, sowie psychische Faktoren wie Motivation und Einstellungen. Die Merkmale der Technik setzen sich aus der Bedienerfreundlichkeit und der aus dem Eignungspotential entstehenden Aufgabenbezogenheit zusammen. Damit bildet dieses Modell das System „Unterricht“ aus Schülersicht ab und eignet sich auch, um Einstellungsveränderungen der Lernenden in Bezug auf Physikunterricht durch das oben besprochene Produkt aufzuzeigen.

Forschungsfragen
FF1: In welchem Maß akzeptieren Schülerinnen und Schüler eine solche App und deren Verwendung in einem EBL-Ansatz, um Physik zu erlernen?
FF2: Inwieweit sind (künftige) Physiklehrkräfte bereit, gemäß dieser Methode zu unterrichten?

Design
Um langwierige Schulungen, einen altersbedingten Technikverdruss u. a. zu umgehen, werden Lehramtsstudierende und Referendare anstelle von Lehrkräften im Beruf befragt (Rueda, 2012; Sugar et al., 2004). Sämtliche Tests werden mit Fragebögen durchgeführt und die Items nach einer Likert–Skala entsprechend den modellbasierten Skalen konzipiert. Die modellbasierten Skalen der jeweiligen Akzeptanzanalysen ermöglichen es, Aussagen zu treffen, inwieweit Akzeptanz vorliegt. Dabei wird auch aufgeschlüsselt, welche Eigenschaften des Produkts wahrscheinlich für eine hohe bzw. niedrige Akzeptanz sorgen. Diese zeigen so mögliche Ansätze zur Verbesserung der Akzeptanz des Produktes durch entsprechende, ggf. iterative Weiterentwicklungen des Produkts auf.
Zur Beantwortung von FF1 wird ein klassisches Prä-Post-Follow up-Testverfahren verwendet. Die Intervention zwischen Prä- und Posttest wird sich über mehrere Wochen in Form von ca. fünf Experimenten erstrecken. Dabei erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler mithilfe der Lehrkraft Forschungsfragen mit passenden Experimentierideen, sammeln außerschulisch in ihrem Alltag mit Smartphones und einer moodle–Anbindung gemäß dem EBL Evidenzen, führen passende Experimente durch, werten diese ggf. zu Hause aus und präsentieren ihren Erkenntnisprozess zusammen mit den Ergebnissen vor der Klasse (Müller et al., 2014; Raymond & Walters, 2009; Vogt et al., 2014). Die Skalen des Tests entsprechen den Kategorien des Modells von Reichwald et al. (1979). So könnte z. B. die Auswertung der persönlichen Merkmale mögliche Schülertypen identifizieren, für die das Produkt als Unterrichtsmethode aufgrund einer niedrigen Akzeptanz nicht geeignet ist.

Zur Beantwortung von FF2 wird die erste Intervention in Form einer zwei stündigen Schulung für Lehramtsstudierenden mit einem Posttest durchgeführt. Hiernach erfolgt eine zweite Intervention mit demselben Ablauf wie die bei FF1 inklusive einem zweiten Posttest. Die Skalen des Tests entsprechen den Kategorien des Modells von Davis (1989). Beide Interventionen dienen dem Kennenlernen des Produkts als Methode und gewährleisten so eine bessere Abschätzung nach der Nützlichkeit und der Durchführbarkeit. Ziel ist die Nutzungsabsicht zu erheben, um Rückschlüsse auf die Handlungsakzeptanz ziehen zu können. Die Handlungsakzeptanz ist dabei die später erfolgende Systemnutzung, also die Anwendung des Produktes als Unterrichtsmethode im späteren, eigenen Unterricht. Die anderen Subskalen wie PU liefern dabei mögliche Ansätze zur Verbesserung der Akzeptanz des Produkts durch entsprechende Anpassung.

Literatur

Barre, K. et al. (2008): Innovationsbereitschaft unter Praxisdruck. [Internet], erhältlich unter: www.bwpat.de/ht2008/ws09/barre_etal_ws09-ht2008_spezial4.pdf, Stand: 29.09.2014, 11.35 Uhr

Börlin, J. (2012): Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichtszu Merkmalen seiner Qualität (Dissertation), Berlin: Logos.

Bürg, O. et al. (2005): Die Bedeutung von Merkmalen des Individuums und Merkmalen der Lernumgebung für die Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. (Forschungsbericht Nr. 173). München: LMU, Department Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie.

Davis, F. D. (1989): Percieved Usefulness, Percieved Ease of Use, and user Acceptance of Information Technology. In: MIS 13 (3), S. 319 – 340, Minnesota: Management Information System Research Center.

de Witt, C. & Czerwionka, T. (2007): Mediendidaktik. Studientexte für Erwachsenenbildung, Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Edelson, D. C. et al. (1999): Adressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. In: THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES, 8 (3&4), S. 391–450, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Hasenbch-Wolff, M. (1992): Akzeptanz und Lernerfolg bei computergestütztem Lernen, Köln: Koges GmbH.

Kuhn, J. et al. (2011): Handys und Smartphones. Einsatzmöglichkeiten und Beispielexperimente im Physikunterricht. In: PdN PHYSIK in der Schule, PHYSIK MIT HANDY UND SMARTPHONE, 7 (60), S. 5–11, Aulis Verlag.

Labudde, P. & Börlin, J. (2013): Inquiry-Based-Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandarts, Forschungsfeldern und PROFILES. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 183-185). Kiel: IPN-Verlag.

Müller, J. et al. (2014): LabVIEW im Informatik- und Physikunterricht. In: PdN PHYSIK in der Schule, 5 (63), S. 36–39, Aulis Verlag.

Raymond, P. & Walters, L. (2009): EBL through VLEs: a case study in primary teacher education. EnquireOnline [Internet], erhältlich unter: http://digarch.yorksj.ac.uk/awweb/pdfopener?smd=1&md=1&did=207, Stand: 23.09.2014.

Reichwald, R. et al. (1979): Bedingungen der Bedienerakzeptanz eines Textverarbeitungssystems – Die Untersuchungskonzeption, München: Fachbereich Wirtschafts- und Organisationswiss., Hochsch. d. Bundeswehr.

Rensing, C. & Tittel, S. (2013): Situiertes Mobiles Lernen – Potenziale, Herausforderungen und Beispiele. In: de Witt, C. & Sieber, A. (Hrsg.): Mobile Learning. Potenziale, Einsatzszenarien und Perspektiven des Lernens mit mobilen Endgeräten, S. 121–142, Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Rueda, A. (2012): Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Dissertation), Berlin: Logos.

Schmaltz, M. A. (2009): Methode zur Messung und Steigerung der individuellen Akzeptanz von Informationslogistik in Unternehmen, Berlin: Logos Verlag.

Schwab, J. J. (1960): Inquiry, the Science Teacher, and the Educator. In: The school review, Vol 68, Nr. 2, S. 176–195, Chicago: The University of Chicago Press.

Sugar, W et al. (2004): Examining teachers´decision to adopt new technology. In: Educational Technology and Society, 7 (4), S. 201-213, IEEE Computer Society.

Vogt, P. et al. (2014): Smartphone Physics: Neue Experimente und Fragestellungen rund um das Messwerterfassungssystem Smartphone. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Frankfurt a. M. 2014.

Lutz Kasper[1] [1]PH Schwäbisch Gmünd
Patrik Vogt[2] [2]PH Freiburg

Physics²Go! – Hausaufgaben mit Smartphones

Idee

Nachdem Smartphones große Verbreitung bei Jugendlichen gefunden haben, sind sie längst auch im Physikunterricht „angekommen“ und bereichern ihn bei der Dokumentation von Experimenten, beim Austausch von Dateien, bei der Internetrecherche oder als Messwerterfassungssystem. Die in ihnen verbauten Sensoren (insbesondere Beschleunigungssensoren, Gyroskop, Mikrofon, GPS-Empfänger, CCD-Chips und GMRs) ermöglichen originelle experimentelle Zugänge und teils überraschende Interpretationen bekannter Standardexperimente. Dabei hat das Smartphone bislang die klassischen Messwerterfassungssysteme im Klassenzimmer ersetzt. Im Vordergrund standen Smartphone-Experimente, die ohnehin im Physikunterricht durchgeführt wurden (z. B. schiefe Ebene, Stoßprozesse, freier Fall). In einem weiteren Schritt soll nun vor allem die Mobilität der Geräte genutzt werden, um die Physik in der alltäglichen Umwelt zu erkunden, quantitativ zu beschreiben und zu modellieren. Als außerschulische Untersuchungs- und Messobjekte lassen sich viele Bewegungen, Klänge und die sinnvolle Kombination und Korrelation von Daten der Sensoren nutzen. Unterstützt wird dieser Ansatz durch die starke Verbreitung moderner Mobiltelefone unter den Jugendlichen. Das ermöglicht ein „Herausgehen” aus dem Physiksaal und die experimentelle Erschließung von Alltagskontexten. Kontextorientierung wird somit in zweifacher Hinsicht erreicht: Die thematische Authentizität wird verknüpft mit einer materialen Authentizität (Vertrautheit der Schüler mit dem Arbeitsmittel „Smartphone”). Gleichzeitig erfolgt eine Förderung der Fähigkeit zum genauen Naturbeobachten sowie der Kreativität. In explorativen Studien wird der Frage nachgegangen, welche Effekte auf Motivation, Interesse und Behaltensleistung durch den Einsatz von Hausaufgaben mit Smartphones erzielt werden.

Experimente zur Akustik

Bestimmung der Schallgeschwindigkeit

Die Schallgeschwindigkeit in Luft kann mithilfe längerer Röhren (z. B. Abflussrohre) durch Erzeugen eines kurzen Signals und Erfassen der Echolaufzeiten nach Mehrfachreflexionen an den jeweils offenen Enden mit guter Genauigkeit bestimmt werden (Vogt & Kasper, 2014). Dabei erfolgt die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit bei Rohrlängen > 5 m in guter Genauigkeit. Für die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern (z. B. Stahl) lassen sich Gleisabschnitte oder lange Brückengeländer (aus einem Stück) nutzen. Ausgewertet wird die nach einem Hammerschlag an einem entfernten Punkt auftretende Differenz der Signallaufzeiten in Luft und im Stahl. Als gut geeignet haben sich hier Weglängen von ca. 30 m zwischen dem Ort der Erzeugung des Hammerschlages und dem direkt auf Gleis oder Geländer gelegten Smartphone erwiesen. Eine hierfür geeignete App ist Oszilloskop (iOS) (Vogt et al., 2014).

Schwingungen von Kirchenglocken und Alltagsgegenständen

Aus physikalischer Sicht sind Glocken interessante Instrumente. Beim Anschlagen der Glocke wird eine Vielzahl von Schwingungsmoden angeregt. In der Nähe einer schlagenden Glocke lassen sich unter Verwendung von Akustik-Apps typische Muster in den Frequenzspektren erkennen (Vogt et al. 2014; Vogt et al., in Druck) sowie mithilfe einer einfachen Modellierung auf Durchmesser und Masse der Glocke schließen. Im häuslichen Umfeld bieten sich Untersuchungen mit „klingenden“ Alltagsgegenständen an. Akustische Experimente mit Trinkgläsern, z. B. als Resonanzrohr oder Helmholtzresonator genutzt, bieten weitere Möglichkeiten der Schallgeschwindigkeitsbestimmung. Dafür wird (z. B. mit

der iOS-App Audio Kit) bei gleichzeitigem Erzeugen eines weißen Rauschens das Frequenzspektrum durch das Smartphone erfasst (Vogt et al., 2014; Vogt et al., in Druck).

Experimente zur Mechanik

Beschleunigungen im Alltag.

Beschleunigungen sind im Vergleich zu Geschwindigkeiten nicht leicht abzuschätzen. Ihre objektive Erfassung ist insofern von besonderem Interesse und wird durch die Verwendung von Smartphones leicht ermöglicht. Dabei bietet der Alltag eine nahezu unerschöpfliche Vielfalt an Bewegungen aus dem Verkehr (Vogt & Kuhn, 2013), im Sport oder aus Vergnügungsparks. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass viele Bewegungen in Natur und Technik mit näherungsweise konstanter Beschleunigung ablaufen – ein Grund, zur experimentellen Erarbeitung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen auf Alltagssituationen zurückzugreifen.

Kinematik des Aufzuges

Aufzüge sind – im städtischen Umfeld – sehr schnell für Experimente verfügbar. Moderne Aufzüge bewegen sich in der Regel nach kurzen Beschleunigungsphasen nahezu gleichförmig und außerdem erschütterungsarm. Somit bieten sie sich zur Untersuchung kinematischer Zusammenhänge an. Eindrucksvoll kann die lineare Zunahme der zurückgelegten Strecke bei konstanter Geschwindigkeit überprüft werden. Mit der Erfassung aller drei Größen $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ ergeben sich auch Möglichkeiten der weiteren Arbeit mit den Daten, etwa einer Integration über die Messkurven und das Aufstellen der Bewegungsgleichungen. Geeignete Apps hierfür sind z. B. SPARKvue (iOS) oder Sensor Kinetics (Android) (Vogt, 2014).

c_W-Werte von Pkw und Radfahrer.

Obwohl häufig erwähnt, gilt der c_W-Wert als quantitativ schwer zu bestimmende Größe. Mithilfe des folgenden Ansatzes (Fahsl, 2014) gelingt eine gute Abschätzung: Auf ein Fahrzeug, das nach Beschleunigung im ausgekuppelten Zustand „ausrollt“, wirkt eine aus Luft- und Rollreibung zusammengesetzte bremsende Kraft. Trägt man nach Aufnahme der Messung a gegen v^2 auf ($v(t)$ wird numerisch durch Integration bestimmt), erhält man erwartungsgemäß eine Gerade. Der Schnittpunkt mit der a-Achse ergibt den Wert für den aus der Rollreibung resultierenden Anteil. Aus dem Anstieg der Geraden lässt sich der c_W-Wert unmittelbar und mit hoher Genauigkeit berechnen. Die Abschätzung der wirksamen Querschnittsfläche für Radfahrer und Pkw erfolgt dabei durch geometrische Vereinfachungen an angefertigten Frontalfotografien.

Fachübergreifende Experimente

Messdaten von Fitness-Apps – Physik und Sport

Zahlreiche Smartphone-Apps ermöglichen die Erfassung von Daten während sportlicher Aktivitäten. So registriert die App „Runtastic“ mithilfe des im Smartphone verbauten GPS-Empfängers den beim Laufen zurückgelegten Weg und zeigt diesen auf einer Karte an, macht Angaben über die benötigte Zeit, die zurückgelegten Höhenmeter und schätzt auf Grundlage dieser sowie einiger persönlicher Daten (insb. Körpermasse) die „verbrannten“ Kalorien ab. Welche Sensoren nutzen Fitness-Apps für die Angabe von Streckenzeiten, Höhenprofil oder umgesetzter Energie? Mit welchem theoretischen Modell arbeitet die App? Neben der Kontextorientierung wird hier wissenschaftliches und „detektivisches” Vorgehen der Lernenden gefördert. Eine einfache Modellierung des komplexen Sachverhalts ist mit zufriedenstellen–der Genauigkeit möglich (Vogt & Kasper, 2014).

Klangfarbe von Musikinstrumenten – Physik und Musik

Musikinstrumente sind in allen Schulen, aber auch in vielen Haushalten vorhanden. Da lohnt es sich, der Frage nachzugehen, warum wir, ohne darüber nachdenken zu müssen, entscheiden können, ob ein Ton (im physikalischen Sinn: Klang) etwa von einem Klavier oder einer

Flöte gespielt wird. Oszillogramme, insbesondere aber Frequenzspektren geben hierüber Auskunft und können mithilfe von Smartphones einfach „vor Ort“ aufgezeichnet werden (Vogt & Kuhn, 2012).

Von Flügelschlagfrequenzen zum Insektenflug – Physik und Biologie

Faszinierende Flugmanöver von Libellen oder Wespen, die angebliche Flugunfähigkeit der Hummel oder auch das aktuelle Interesse von Bionik-Ingenieuren an MAVs (*Micro Air Vehicles*) machen den Insektenflug interessant für fächerübergreifende Untersuchungen. Worin unterscheiden sich Insekten- und Vogelflug? Das Verhältnis von Flügelschlagfrequenz zur Anströmgeschwindigkeit (*reduzierte Frequenz*) macht den Unterschied! Er führt zu instationären Auf- und Vortriebs-Effekten und lässt Insekten zu Flugkünstlern werden. Aber wie schnell schlagen Insektenflügel? Mit Smartphones lassen sich auf akustische Weise die spezifischen Frequenzen von vielen Insekten ermitteln, auf deren Grundlage man sich dem Flug weiter annähern kann (Kasper, 2013).

Untersuchungsfragen

a) Welche Effektivität besitzen Smartphone-Heimversuche verglichen mit konventionellen inhaltsgleichen Aufgabenstellungen?
b) Welche Effektivität hat die Untersuchung von Alltagskontexten mit dem Smartphone verglichen mit inhaltsgleichem traditionellem Experimentalunterricht?
c) Können Motivation und Leistung bei Nebenfachstudierenden (z. B. Ingenieure, Mediziner, Biologen) durch Smartphone-Heimversuche besser gefördert werden?

Die Durchführung einer Studie zu Frage c) erfolgt im WiSe 2014/15 in Kooperation mit der Hochschule Kempten sowie der Universität Ulm. Studien zu den Fragen a) und b) sind im Rahmen von Staatsexamensarbeiten in Arbeit bzw. in Vorbereitung.

Literatur

Fahsl, C. (2014) Einsatzmöglichkeiten von Smartphones im Physikunterricht als Mess- und Experimentiermittel: Fachliche und fachdidaktische Diskussion von Experimenten im Kontext „Straßenverkehr“. nicht veröffentlichte Masterarbeit, verfasst an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion der Universität Konstanz

Kasper, L. (2013) Der Insektenflug als authentischer Kontext für den Physikunterricht. In: PhyDid B – Tagungsband der Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG, Jena 2013 (8 S.)

Vogt, P. (2014) Tablet-Computer als Mess- und Experimentiermittel im Physikunterricht. In: A. Bresges, L. Mähler & A. Pallack (Hrsg): Unterricht mit Tablet-Computern lebendig gestalten. (Themenspezial MINT). MNU Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen e. V., Verlag Klaus Seeberger: Neuss, S. 66-78.

Vogt, P. & Kasper, L. (2014) Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit Smartphone und Schallrohr. In: Unterricht Physik 140, Friedrich Verlag, S. 43-44

Vogt, P. & Kasper, L. (2014) Theoretische und experimentelle Betrachtungen zur Energieumwandlung beim Laufen. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 143, S. 39-41 zuzüglich 2 Seiten Onlinematerial

Vogt, P., Kasper, L., Fahsl, C., Herm, M. & Quarthal, D. (in Druck). Physics^{2}Go! Den Alltag mit dem Smartphone entdecken. In: A. Bresges, L. Mähler & A. Pallack (Hrsg): Themenspezial MINT. MNU Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen e. V., Verlag Klaus Seeberger: Neuss.

Vogt, P., Kasper, L. & Müller, A. (2014) Smartphone Physics: Neue Experimente und Fragestellungen rund um das Messwerterfassungssystem Smartphone. In: PhyDid B Tagungsband der Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG, Frankfurt/M. 2014 (11 S.) (erscheint)

Vogt, P. & Kuhn, J. (2013) Beschleunigungen im Alltag. In: MNU 66 (4), 252

Vogt, P. & Kuhn, J. (2012). Akustik mit dem iPhone. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 132, S. 43-44

Kristina Hock LMU München

Geocaching mit Chemie am Campus

Untersuchungen zur Auswirkung von außerschulischen Lernorten auf das Interesse für Chemie und Physik kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen (Waltner & Wiesner, 2009; Guderian, 2007; Härtter, 2011). Auch wenn an der Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU kein Schülerlabor zur Verfügung steht, bietet sich beispielsweise das Geocaching als Szenarium an, das Jugendliche ansprechen könnte (Homann, Grust & Grotjohann, 2011). Mit Studierenden des Seminars „Natur und Technik“ setzten wir diese moderne Form einer Schnitzeljagd in Kombination mit dem Fach Chemie um.

Zunächst erstellten wir eine Geocacheroute am Campus zum Thema „Baustoffe“ mit dem dazu passenden Lernmaterial. In einer 2-stündigen Ralley wird es den Schülern ermöglicht, auf dem Unigelände auch außerhalb der Labore chemische Experimente durchzuführen. In zwei aufeinanderfolgenden Semestern wurden Routen für die Jahrgangstufe 5 und 8 entwickelt und mithilfe eines Fragebogens evaluiert.

Ziele

In der Praxis sollte überprüft werden, wie die Schülerinnen und Schüler mit GPS und Smartphone-Technik zurechtkommen und ob die Motivation die aufwendige elektronische Variante einer „Schnitzeljagd“ rechtfertigt. Das Ziel für die Studierenden bildete die Planung und Gestaltung dieses außerschulischen Lernorts am Campus. Zudem sollten die Versuche und Aufgaben altersgemäß ausgewählt werden und die im Rucksack zusammengestellten Materialien praktikabel für den Outdoor-Einsatz sein.

Planung im Seminar

Im Seminar wurden zunächst die theoretischen Grundlagen gelegt, mit Referaten zu den Themen GPS-Navigation, Koordinatensysteme, Geocaching, dem Vorwissen von Schüler der Jahrgangsstufe 5 und 8 sowie zum Erstellen von Übungsaufgaben mit den „LearningApps“:

Abb. 1: LearningApp zur Station „Adolf v. Baeyer“

Im Anschluss erfolgte die Auswahl der Experimente, deren Erprobung und Optimierung für die Outdoor-Bedingungen. Um den zeitlichen Ablauf zu straffen und um Abwechslung in den Parcours zu bringen, wurden für einige Stationen Rätselaufgaben erstellt und mithilfe

der Web 2.0 basierten Lernumgebung „LearningApps“ (www.LearningApps.org, *Abb. 1*) realisiert. Für folgende Stationen wurden Materialien entwickelt: Leitfähigkeit von Baustoffen, Brennbarkeit von Baustoffen, Rostvorgang und Entrosten, Verhalten von Baustoffen gegenüber Wasser, Kunststoffe ein Beispiel für Baustoffe. Die von den LearningApps für jede Aufgabe automatisch erstellten QR-Codes wurden ausgedruckt und in den Caches vor Ort hinterlegt. Organisation und Durchführung der Schulklassenbesuche stellten nach Aussagen der Studierenden den Höhepunkt des Seminars dar. Die Dokumentation der Schülerbesuche, die Evaluation mittels Fragebogens und Reflexion bildeten dann den Abschluss des Seminars.

Ausrüstung

Jede Schülergruppe (3-5) wurde mit einem Rucksack mit Experimentiermaterialien und einem Arbeitsheft mit den Aufgaben ausgerüstet (*Abb. 2*). Die Gruppe hatte zwei Smartphones dabei, eines mit GPS-App (z. B. iphone „GCTools“, android: „c:geo“; Windows: „geocaching plus“) und eines mit Online-Zugang (z. B. QR-Code-App: iphone „barcoo“, android: „QR Droid“; Windows: „Code ScanR"). Die Hinweise an Lehrer und Eltern diese kostenlosen Smartphone Apps im Vorfeld zu installieren und die Handys aufgeladen mitzubringen, erleichterten den Start der Ralley. Im Anleitungsheft wurden die Startkoordinaten vorgegeben. Mithilfe der GPS-Koordinaten wurden die Stationen gesucht. Die Schüler lösten an der Station eine Aufgabe oder führten ein Experiment durch und erhielten bei richtiger Lösung die Koordinaten der nächsten Station aus der LearningApp.

Abb. 2, Arbeitsheft und Experimentiermaterialien aus dem Rucksack

Ergebnis

Die Studierenden nehmen eine fertige Vorlage zur Organisation und Durchführung eines Geocaches für ihren späteren Unterricht aus dem Seminar mit. Arbeitsheft, Anlage der Caches und Elternbrief können auch auf andere Inhalte und Fächer übertragen werden. Arbeitsintensiv und langwierig für die Studierenden war die Auswahl der Experimente. Eine altersgerechte Beschreibung und Erklärung der Versuche zu finden, brauchte oft mehrere Interrationsschritte. Gut gelang die Umsetzung der Experimente auf die Outdoor-Bedingungen. Durch den Bau und Einsatz eines Microscale Leitfähigkeitsprüfers, die Verwendung von fertigen Lösungen und den Ersatz der Glasreagenzgläser durch Plastikgefäße mit Schraubdeckel wurde der Materialaufwand minimiert und das Experimentieren auch für jüngere Schüler erleichtert.

Als besonders nützlich erwies sich die Verwendung der LearningApps (*Abb. 2*), da mit diesem Programm Übungen (MultipleChoice, Zuordnungsaufgaben, etc.) mit differenzierter Hilfestellung auch für den regulären Unterricht erstellt werden konnten. Bei der Erstellung der Apps für unsere Ralley musste dem kleinen Bildschirm der Smartphones Rechnung getragen werden. Großflächige Kreuzworträtsel oder Buchstabensalate eignen sich nicht für die Nutzung am Handy. Letztendlich wurden diese deshalb im Arbeitsheft abgedruckt, in das Handy musste dann nur noch das Lösungswort eingetippt werden.
Aus der Erfahrung beim ersten Durchgang wussten wir, dass insbesondere die Jungs am Ende des Parcours einen Schatz erwarteten. Wir erstellten deshalb Buttons mit unserem Geocache-Logo, die die Schüler mitnehmen konnten.

Fazit

Obwohl die Erprobung jeweils unter widrigen Wetterbedingungen (sehr kalt, bzw. heftiger Regen) stattfand, gefiel den Schülerinnen und Schüler die Ralley sehr gut (*Abb. 3*).
Bei der 5. Klasse musste immer ein Student pro Gruppe mitgehen, damit sie mit der GPS-Navigation zurechtkam. Der Umgang mit Smartphone und Apps war für die Schüler der Jgst. 8 kein Problem mehr.

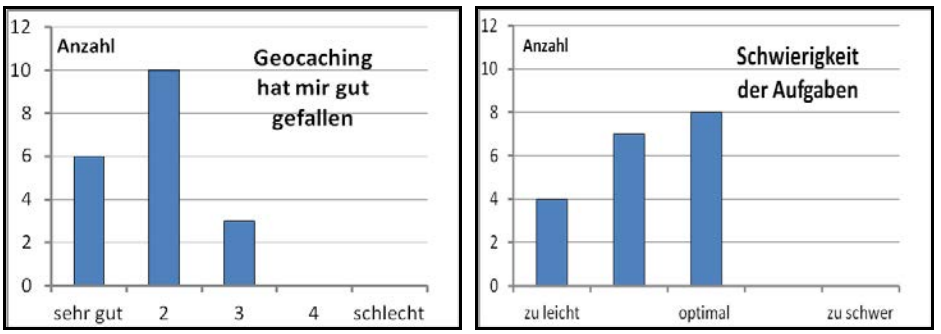


Abb. 3 und 4, Auswertung des Fragebogens mit jeweils 5stufiger Ratingskala

Das Anspruchsniveau der Experimente war passend für die Jgst. 5, Schüler der Jgst. 8 hätten gerne noch kniffeligere Aufgaben und spektakulärere Experimente gehabt (*Abb. 4*). Die von uns im Sinne einer Kontextorientierung geplante Verbindung zwischen „Baustoff“, Ort des Caches und Aufgabe wurde von unseren Testschülern nicht immer erkannt. Ob dies auch bei Schülern der Oberstufe noch gilt, wäre ein Aspekt für eine weitere Untersuchung. Dass zwei Drittel der Schüler wieder bei einem Geocaching mitmachen würden, interpretieren wir als Erfolg und werden dieses Angebot für Schulklassen, betreut durch studentische Hilfskräfte, aufrechterhalten.

Literatur:

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses in der Physik (Dissertation), HU Berlin

Härtter, S. (2011). „Das Grüne Klassenzimmer - Förderung von Interesse, Motivation und Nachhaltigkeit bezüglich chemischer und naturwissenschaftlicher Inhalte durch einen außerschulischen Lernort“, Staatsexamensarbeit, LMU München

Homann W., Grust I. & Grotjohann N. (2011) Geocaching mit Schulklassen, MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 64(2), 99–104

Waltner C. & Wiesner H. (2009). Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 195-217

Tobias Klug Justus-Liebig-Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter
Peter J. Klar

Kontextorientierte Lernumgebung für Mediziner – eine Videostudie

Im Zuge der Modernisierung des Physikpraktikums für Studierende der Human- und Zahnmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen wird angestrebt, die Zielgruppenakzeptanz des Angebots zu erhöhen. Da in der medizinischen Forschung, Diagnostik und Therapie nicht nur naturwissenschaftliche Methoden angewandt werden, sondern auch fachinhaltliche Grundlagen aus den Naturwissenschaften eine zentrale Rolle spielen, soll durch die Einbettung der Praktikumsthemen und -versuche in medizinische Kontexte die Relevanz von physikalischen Themen für das spätere Berufsfeld und somit auch für das Medizinstudium stärker hervorgehoben werden.
Im Allgemeinen wird der Begriff „Kontext“ häufig auf lebensweltliche Verknüpfungen bezogen. Durch die Kontextualisierung eines Arbeitsauftrages, eines Experiments oder einer Information soll die Verknüpfbarkeit des Fachinhalts mit der Lebenswelt des Adressaten besonders hervorgehoben werden (Fechner, 2009). Der Einfluss lebensweltlicher Bezüge auf das Lernen wurde im englischsprachigen Raum unter dem Oberbegriff STS (Science-Technologie-Society) in einer Vielzahl von Studien untersucht. Für Deutschland sind vor allem die Ansätze Chemie im Kontext (ChiK), Biologie im Kontext (bik) und Physik im Kontext (piko) zu nennen. In einer Übersicht über einige dieser Studien kommt Bennett (2005) zu der Schlussfolgerung, dass die Studien zwar positive Effekte des Kontextbezugs auf die Einstellungen zu Naturwissenschaften nachweisen können, in Bezug auf Lernergebnisse jedoch keine eindeutige Interpretation der Befundlagen möglich ist. Es scheint jedoch so zu sein, dass die Einbettung eines Sachverhaltes in einen lebensweltlichen Kontext zumindest keinen Nachteil in Bezug auf das Verständnis fachlicher Inhalte nach sich zieht (Bennett, 2005). Neben einem Alltagsbezug sollten Kontextbezüge zu medizinischen Themen gemäß den Ergebnissen der ROSE-Studie dazu beitragen, das Interesse insbesondere von Schülerinnen für physikalische Themen zu steigern (u. a. Elster, 2007; siehe auch Berger, 2000; Colicchia, 2007). Auch auf Physikpraktika für Studierende der Medizin bezogen, konnte bereits aufgezeigt werden, dass sich eine adressatenspezifische Gestaltung mit kontextorientierten Inhalten positiv auf Motivation und Lernwirksamkeit auswirkt (Plomer, 2011; Theyßen, 1999).
Bisher wurde in Studien zur Kontextorientierung wenig untersucht, wie im Bearbeitungsprozess selbst der Kontextbezug von den Lernenden aufgegriffen und für das fachinhaltliche Lernen genutzt wird (vgl. Theyßen, 1999). Es stellt sich dabei auch die Frage, wie Kontextbezüge, z. B. in Versuchsanleitungen, von den Lernenden erlebt werden. Die dokumentierten Veränderungen von Einstellungen und Motivation (s.o.) lassen dabei vermuten, dass positive Erlebensqualitäten situativ entstehen (insbesondere Kompetenz- und Autonomieerleben, vgl. Deci & Ryan, 1993), die auch zu einer vertieften Auseinandersetzung mit Fachinhalten der Physik führen.

Lernmaterial

Zur Identifikation der Themen und Versuche des physikalischen Praktikums für Mediziner, die sich für eine Modifikation mit Blick auf Kontexteinbettung besonders anbieten, wurde in einer Vorerhebung unter anderem für alle bestehenden Versuche das Interesse vor und nach der Durchführung mit Fragebögen erhoben (vgl. Klug, von Aufschnaiter & Klar, 2014). Anhand der Ergebnisse der Vorerhebung und unter Einbezug von Dozenten der Medizin wurden Versuche ausgewählt, die ein besonderes Potential für eine Verbindung von Physik

und Medizin aufweisen. Je nach Versuch wurde entweder eine fachsystematisch strukturierte („Mechanik-Hebel“) oder eine kontextstrukturierte („Farbsehen“, „Ultraschall“) Einbettung des medizinischen Kontexts in die Anleitung vorgenommen (vgl. Nawrath, 2010). Für jeden neu entwickelten Versuch wurde ergänzend eine gesonderte E-Learning-Einheit in der Plattform ILIAS erstellt, die die Vorbereitung auf den Versuch zielgerichtet ermöglicht. Die Versuche schließen nahtlos an diese E-Learning-Einheiten an und vertiefen dort angelegte Konzepte, um dem erwarteten Konzeptaufbau der Studierenden gerecht zu werden (u. a. von Aufschnaiter & Rogge, 2010). Neben der Versuchsanleitung, die gleichzeitig als Protokollheft dient, müssen Protokollbögen aus der Bearbeitung der E-Learning-Einheit für ein Testat abgegeben werden. Somit bilden Vorbereitung und Versuchsdurchführung zusammen eine Lerneinheit.
Die Versuche sind so angelegt, dass sie im Rahmen des Praktikums innerhalb einer Zeitstunde in Dyaden bzw. Triaden durchgeführt werden können.

Pilotstudie
Im Rahmen eines zweitägigen Auffrischungskurses zur Schulphysik für beginnende Studierende der Human- und Zahnmedizin im Sommersemester 2014 wurden Versuchspersonen für die Teilnahme an der Pilotstudie rekrutiert. Insgesamt konnten aus den $N = 37$ Teilnehmenden des Auffrischungskurses $N = 18$ für die Teilnahme an einer Videostudie gewonnen werden, wobei $N = 11$ Personen den Versuch „Ultraschall“ und $N = 7$ den Praktikumsversuch „Farbsehen“ durchführten. Die Studierenden haben zunächst einen Fragebogen zu soziodemographischen Daten, Interessen, Motiven und Vorerfahrungen ausgefüllt und dann in Gruppen zu zweit oder zu dritt die E-Learning-Einheit bearbeitet. Im direkten Anschluss daran haben sie in ihren Gruppen den zugehörigen Praktikumsversuch durchgeführt. Die Bearbeitung des jeweiligen Versuchs wurde auf Video aufgezeichnet; die Erstellung des zugehörigen Versuchsprotokolls sowie die vorlaufende Bearbeitung der E-Learning-Einheit wurden zusätzlich über einen Smartpen bzw. Bildschirmtracking erfasst.
Der Vergleich der Fragebogendaten zu Interessen, Motiven und Vorerfahrungen mit den Daten aus der Vorerhebung der Praktikumskohorte des SoSe 2013 zeigt keine Unterscheidbarkeit der beiden Personengruppen (vgl. Klug, von Aufschnaiter & Klar, 2014). Die Versuchspersonen zeigen in Bezug auf Abiturnote, Abiturjahrgang, letzter Physiknote, letzter Physikkurs sowie in der Schule gewählte Leistungskurse eine hohe Varianz, was eine Positivauswahl ausschließt.

Videoanalyse
Anhand der Videodaten wird seit April 2014 untersucht, inwiefern die Kontexteinbettung der Aufgaben zu positiven Erlebenszuständen während der Bearbeitung führt. Weiterhin wird untersucht, ob der medizinische Bezug im Prozess der Bearbeitung aktiv durch die Studierenden hergestellt wird und wie dieser die Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten unterstützt. Der Fokus der Auswertung liegt derzeit auf den Videos der Bearbeitung des Versuchs „Ultraschall“ und zielt darauf ab, geeignete Kategorien zu finden und ein Kodierschema für die Hauptstudie zu erstellen. Zunächst wurde dazu jede Bezugnahme auf medizinische Sachverhalte identifiziert und kodiert. Unterschieden wurden zwei Arten der Aktivierung von Bezügen:
- Fremdbestimmt: Durch die Anleitung oder ein anderes Gruppenmitglied initiiert
- Eigenständig: Durch die im Fokus der Analyse befindlichen Person initiiert

Zur Identifikation der Bezugnahme dienen bspw. die Nennung von medizinischen Fachbegriffen oder die Beschreibung von medizinisch - biologischen Vorgängen. Im nächsten Schritt werden die in der direkten zeitlichen Nähe liegenden Aussagen und Handlungen analysiert. Dabei werden sowohl Aussagen erfasst, die auf positive Erlebenszustände hindeuten (emotional-motivationale Ebene) als auch die Generierung

physikalischer Konzepte (kognitive Ebene) unter Nutzung medizinischer Fachinhalte. Der zeitliche Zusammenhang (oder das Ausbleiben eines Zusammenhanges) zwischen medizinischem Bezug und emotional-motivationalen bzw. kognitiven Prozessen gibt dann Hinweise auf eine situative Wirkung des Kontextbezuges (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Screenshot der Versuchsbearbeitung „Ultraschall“ mit Transkriptausschnitt

Hauptstudie

Im WiSe 2014/2015 sollen die Versuche in einer Hauptstudie eingesetzt werden. Die Bearbeitung der E-Learning-Einheiten und der Versuche wird erneut auf Video aufgezeichnet und soll durch Fragebögen flankiert werden. Dabei sollen, ähnlich wie in der Vorstudie, eine Prä-Post-Befragung zum Interesse und zur Relevanz sowie eine bearbeitungsbegleitende Befragung zum Erleben durchgeführt und soziodemographische Daten sowie medizinische Vorerfahrungen erhoben werden. Durch die Analyse dieser Daten sollen zum einen Hinweise auf die Anpassung von Versuchen an die kognitiven und emotional-motivationalen Bedürfnisse der Lernenden generiert werden; zum anderen sollen sie genutzt werden, um Lern- und Erlebensprozesse von Studierenden in kontextorientierten Lernumgebungen zu untersuchen. Dabei soll insbesondere der Frage nachgegangen werden, ob die Kontextbezüge die Studierenden anregen, Fachinhalte selbstständig auf Themen der Medizin zu beziehen. Die Verbindung von Video- und Fragebogendaten soll eine Interpretation der beobachteten Prozesse vor dem Hintergrund personenspezifischer Merkmale ermöglichen.

Literatur

Bennett, J. (2005). Bringing science to life: the research evidence on teaching science in context. http://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Contextsbooklet.pdf [28.10.2013].

Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik - ein Weg zu interessanterem Physikunterricht.* Berlin: Logos.

Colicchia, G. (2007). *Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie: Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten.* Berlin: Logos.

Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik, 39*(2), 223–238.

Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? *Plus Lucis Zeitschrift der physikalisch-chemischen Gesellschaft in Österreich, 3*, 2–8.

Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education.* Berlin: Logos.

Klug, T., von Aufschnaiter, C. & Klar, P. (2014). Reform des Physikpraktikums für Mediziner – Anlage einer Studie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 582-584). Kiel: IPN.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Plomer, M. (2011). *Physik physiologisch passend praktiziert.* Berlin: Logos.

Theyßen, H. (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin.* Berlin: Logos.

von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 95-114.

Abdelmadjid, Chenouga, Dr.
ENS PH Algier
Didaktik der Physik
Fréres Sellami 16
16000 Vieux Kouba Algier
Algerien
abdche54@yahoo.fr

61, 573

Abels, Simone, Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
simone.abels@univie.ac.at

79, 88

Adesokan, Adejoke
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
adejoke.adesokan@uni-koeln.de

79, 91

Affeldt, Fiona
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Str. NW2
28359 Bremen
Deutschland
fiona_affeldt@gmx.de

247

Ahmed, Elatef, Dr.
ENS PH Algier
Didaktik der Physik
Fréres Sellami 16
16000 Vieux Kouba
Algerien
elatef2000@yahoo.fr

61

Al-Amoush, Siham, Dr.
Universität Bremen
IDN
Leobener Str. NW2
28334 Bremen
Deutschland
alamoush@uni-bremen.de

690

Albertus, Michael

609

Anthofer, Stefan
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
stefanthofer@gmail.com

489

Anton, Michael, Prof. Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Chemie
Butenandtstr. 5-13/D2
81377 München
Deutschland
mao@cup.uni-muenchen.de

52

Anus, Sandra
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
sandra.anus@tu-dortmund.de

561

Aretz, Sarah
CERN
Postbox C03010, Bld. 3-R-006
1211 Genève 23
Schweiz
sarah.aretz@cern.ch

507

Aschauer, Wolfgang
Pädagogische Hochschule OÖ
Kaplanhofstraße 40
4020 Linz
Österreich
wolfgang.aschauer@ph-ooe.at

435

Avalos Ortiz, Roswitha
Universität Wien
Porzellangasse 4/Stiege 2/2.Stock
A-1190 Wien
Österreich
roswitha.avalos-ortiz@univie.ac.at

525

Bahr, Ursula
Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
bahr@physik.uni-frankfurt.de

540

Bartels, Nina

609

Barth, Maximilian, Dr.
Leibniz Universität Hannover
IDMP - AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Niedersachsen
barth@idmp.uni-hannover.de

378

Bartosch, Ilse, Dr.
Universität Wien
Fakultät für Physik
Boltzmanngasse 5
1090 Wien
Österreich
ilse.bartosch@univie.ac.at

190, 525

Beerenwinkel, Anne, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
anne.beerenwinkel@fhnw.ch

396

Belova, Nadja
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Str. NW2, Raum A1140
28359 Bremen
Deutschland
n.belova@uni-bremen.de

247

Bernholt, Sascha, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
bernholt@ipn.uni-kiel.de

1, 67, 375

Bertels, Nina
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustraße 3
14195 Berlin
Deutschland
nina.bertels@fu-berlin.de

358

Blankenburg, Janet S.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
blankenburg@ipn.uni-kiel.de

64, 76

Bliersbach, Markus
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str.2
50931 Köln
Deutschland
markus.bliersbach@uni-koeln.de

193

Boczianowski, Franz, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik

178

Bölsterli, Katrin

100

Bolte, Claus, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
claus.bolte@fu-berlin.de

358, 537, 609, 639

Bolten, Mareike
Universität Oldenburg
Institut für Chemie (IfC)
Didaktik der Chemie
Postfach 2503
26111 Oldenburg
Deutschland
mareike.bolten@uni-oldenburg.de

696

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
aborowsk@uni-potsdam.de

112, 136, 139, 370, 507, 702

Borromeo Ferri, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Mathematik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
borromeo@mathematik.uni-kassel.de

196

Brandenburger, Martina
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
martina.brandenburger@ph-freiburg.de

253

Brebeck, Ingo
Univerität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
ingo.brebeck@uni-due.de

277

Breuer, Maria
Forscherstation
Klaus-Tschira Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
breuer@forscherstation.info

334

Brovelli, Dorothee, Prof. Dr.
PH Luzern
Didaktik der Physik
Museggstrasse 22
CH-6004 Luzern
Schweiz
dorothee.brovelli@phlu.ch

100

Brückmann, Maja, Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
maja.brueckmann@phzh.ch

624

Brünken, Roland, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Empirische Bildungsforschung
Uni Campus A 4.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
r.bruenken@mx.uni-saarland.de

555

Buchholz, Malte
Freie Universität Berlin
Didaktik der Informatik
Königin-Luise-Str. 24-26
14195 Berlin
Deutschland
m.buchholz@fu-berlin.de

495

Busch, Marian
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
07743 Jena
Deutschland
marian.busch@uni-jena.de

55

Budde, Monika, Dr.
Universität Flensburg
Seminar für Germanistik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
monika.budde@uni-flensburg.de

49

Busker, Maike, Juniorprof. Dr.
Universität Flensburg
Abteilung für Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
maike.busker@uni-flensburg.de

49, 471

Bullinger, Marcel
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
bullinger01@ph-ludwigsburg.de

567

Busse, Marc-Heinrich
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Chemie
Engelbosteler Damm 82
30167 Hannover
Deutschland
marc.busse@gmail.com

582

Burde, Jan-Philipp
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str.1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
burde@physik.uni-frankfurt.de

438

Cauet, Eva
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr.2
45141 Dortmund
Deutschland
eva.cauet@uni-due.de

136

Christoph, Simon
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
stu91973@mail.uni-kiel.de

660

Çiftçi, Çağla, Magister Studentin
Universität Hacettepe, Pädagogische Fakultät
Didaktik der Chemie
6800 Beytepe/Ankara
Türkei
caglaciftci89@hotmail.com

172

Cors, Rebecca
Pädagogische Hochschule St Gallen
Notkerstrasse 27
9000 St Gallen
Schweiz
Rebecca.Cors@phsg.ch

223

Crossley, Antony, Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
crossley@ph-ludwigsburg.de

184

Detemple, Ralf, Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
detemple@physik.rwth-aachen.de

543

Dickmann, Martin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
martin.dickmann@uni-due.de

169, 663

DiFuccia, David-S., Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Str. 40
34109 Kassel
Deutschland
difuccia@uni-kassel.de

205

Dinçol Özgür, Sinem
Hacettepe Universität
Didaktik der Chemie
Egitim Fak. Kimya Egitimi ABD. B-blok
Beytepe
6800 Ankara
Türkei
sinemdincol@gmail.com

280

Dittmar, Johanna
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Str. NW 2
28334 Bremen
Deutschland
johanna.dittmar@uni-bremen.de

645

Dunker, Nina, Dr.
Universität Bremen
Allgemeine Didaktik
Postfach 330440
28334 Bremen
Deutschland
dunker@uni-bremen.de

456

Domschke, Stephan
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
06099 Halle (Saale)
Deutschland
stephan.domschke@biodidaktik.uni-halle.de

618

Effertz, Christian, Dr.
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
christian.effertz@rwth-aachen.de

423

Draude, Martin
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
draude@physik.uni-kassel.de

307

Eickhorst, Bodo
Universität Bremen
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften - Abteilung
Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
bodoe@uni-bremen.de

169, 663

Dressler, Jana-Katharina
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
jana.katharina.dressler@uni-oldenburg.de

486

Eilks, Ingo, Prof. Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Leobener Str. NW 2
28359 Bremen
Deutschland
ingo.eilks@uni-bremen.de

247, 534, 549, 552, 645, 681, 690

Elsholz, Markus
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
markus.elsholz@physik.uni-wuerzburg.de

492

Emden, Markus, Juniorprof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Institut für Naturwissenschaften (Abteilung: Chemie)
Oberbettringer Str. 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
markus.emden@ph-gmuend.de

519

Engl, Alexander
Universität Koblenz-Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstr 7
76829 Landau
Deutschland
engl@uni-landau.de

546

Engl, Lisa
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
engl-lisa@uni-landau.de

265

Erb, Manja

609

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue Straße 1
60438 Frankfurt
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

187, 399, 540

Erdem, Emine, Dr.
Universität Hacettepe, Pädagogische Fakultät
Didaktik der Chemie
6800 Beytepe/Ankara
Türkei
erdeme@hacettepe.edu.tr

172

Erdoğan, Ümit Işık, Dr.
Universität Hacettepe, Pädagogische Fakultät
Didaktik der Chemie
6800 Beytepe/ANKARA
Türkei
isik@hacettepe.edu.tr

172, 259

Erkelenz, Jan

423

Felchlin, Irene
FHNW
Pädagogische Hochschule
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
irene.felchlin@fhnw.ch

402, 405, 408, 411

Filmer, Maria
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
maria.filmer@tu-dortmund.de

564

Fischer, Hans E., Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
hans.fischer@uni-due.de

112, 136, 202, 367, 390

Fraß, Stephan
RWTH Aachen
I . Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
frass@physik.rwth-aachen.de

301

Fricke, Katharina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Deutschland
katharina.fricke@uni-due.de

349

Fried, Susan
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
susan.fried@physik.uni-wuerzburg.de

492

Friege, Gunnar, Prof. Dr.
Leibniz Universtiät Hannover
IDMP - AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
friege@idmp.uni-hannover.de

378

Garner, Nicole
Universität Bremen
IDN - Abteilung Chemiedidakik
Leobener Str. NW2
28359 Bremen
Deutschland
ngarner@uni-bremen.de

549

Gauckler, Marlies
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
marlies.gauckler@fu-berlin.de

537, 609

Geidel, Ekkehard, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Didaktik der Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
Deutschland
Ekkehard.Geidel@uni-wuerzburg.de

325

Gerling, Ines
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Berlin
Deutschland
ines.gerling@chemie.hu-berlin.de

675

Geyer, Marie-Annette
TU Dresden
Didaktik der Physik
Deutschland
marie-annette.geyer@tu-dresden.de

199, 630

Gigl, Florian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 1
45141 Essen
Deutschland
florian.gigl@stud.uni-due.de

112

Girwidz, Raimund, Prof. Dr.
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
girwidz@lmu.de

594, 651, 693, 699

Glaser, Jonathan
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
glaser2@ph-heidelberg.de

384

Göhring, Anja, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Naturwissenschaft und Technik (NWT)
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
anja.goehring@physik.uni-regensburg.de

364

Goldhausen, Ines
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Str. 40
34109 Kassel
Deutschland
ines.schmidt@uni-kassel.de

205

Göres, Melitta
Stiftung Lesen
Programmbereich Kindertagesstätte
Römerwall 40
55131 Mainz
Deutschland
Melitta.Goeres@stiftunglesen.de

334

Graf, Sönke
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Bogenstr. 1
69124 Heidelberg
Deutschland
graf@ph-heidelberg.de

298, 384

Gramzow, Yvonne
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
ygramzow@mail.upb.de

115

Grob, Regula
PH FHNW Pädagogische Hochschule
Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
regula.grob@fhnw.ch

381

Gröber, Sebastian, Dr.
TU Kaiserslautern
FB Physik / Didaktik
Erwin-Schrödinger-Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
groeber@rhrk.uni-kl.de

214

Gröger, Martin, Prof. Dr.
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57076 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

319, 528

Gromadecki-Thiele, Ulrike, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
ulrike.gromadecki@physik.hu-berlin.de

256

Gropengießer, Harald, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Biologie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
gropengießer@idn.uni-hannover.de

513

Groß, Jorge, Prof. Dr.
Universität Bamberg
Didaktik der Naturwissenschaften
Markusplatz 3 (Noddack-Haus)
96047 Bamberg
Deutschland
jorge.gross@uni-bamberg.de

73

Grossmann, Carola
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
07743 Jena
Deutschland
grossmann_07@yahoo.de

576

Gut, Christoph, Prof. Dr.
PH Zürich
Ausbildung Sekundarstufe I
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
christoph.gut@phzh.ch

142, 145

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
claudia.haagen@univie.ac.at

441

Haak, Inka
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
inkahaak@mail.upb.de

274

Habig, Sebastian
Universität Duisburg-Essen
sebastian.habig@stud.uni-due.de

657

Hadinek, David
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
hadinek@ipn.uni-kiel.de

522

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
haertig@ipn.uni-kiel.de

142, 151, 292, 660

Hasenkamp, Anna
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
anna.hasenkamp@uni-due.de

600

Haupt, Joachim S.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
joachim.haupt@fu-berlin.de

501

Hawner, Martin
CERN
Universität Würzburg, Didaktik der Physik
CH-1211 Genf 23
Schweiz
martin.hawner@cern.ch

217

Heidrich, Jan
IPN Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
heidrich@ipn.uni-kiel.de

262

Heine, Antje
TU Dresden
Didaktik der Physik
Zellescher Weg 20
01062 Dresden
Deutschland
antje_juliane.heine@tu-dresden.de

459

Heine, Desiree
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
heine@uni-landau.de

157, 160

Heinicke, Susanne, Juniorprof. Dr.
Universität Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm Klemm Str. 10
48161 Münster
Deutschland
susanne.heinicke@uni-muenster.de

181

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

271, 301, 423, 426, 429, 540, 543

Heinze, Peter
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
07747 Jena
Deutschland
peter.heinze@uni-jena.de

678

Hempelmann, Rolf, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
hysikalische Chemie
Uni Campus A 4.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
r.hempelmann@mx.uni-saarland.de

555

Henke, Andreas
Universität Bremen
Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Allee 1
28334 Bremen
Deutschland
andreas.henke@uni-bremen.de

310, 313, 316

Hettmannsperger, Rosa, Dr.
PH Ludwigsburg
Forschungswerkstatt
Bildungswissenschaften
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
hettmannsperger@ph-ludwigsburg.de

175

Hild, Pitt
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der
Naturwissenschaften
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
pitt.hild@phzh.ch

145

Hirth, Michael
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin Schrödinger Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
mhirth@physik.uni-kl.de

211

Hochberg, Katrin
TU Kaiserslautern
AG Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
khochberg@physik.uni-kl.de

208

Hock, Kristina, Dr.
Ludwig-Maximilians Universität
Didaktik und Mathetik der Chemie
Butenandtstr. 5-13
81377 München
Deutschland
Kristina.Hock@lmu.de

708

Höffler, Tim N., Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
hoeffler@ipn.uni-kiel.de

64, 67, 76, 151

Hoffmann, Michele
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
07743 Jena
Deutschland
Michele.Hoffmann@uni-jena.de

474

Holmeier, Monika, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
monika.holmeier@fhnw.ch

238

Hopf, Martin, Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

94, 432, 435, 450, 504

Horn, Martin Erik, Dr.
www.grassmann-algebra.de
Schütte-Lanz-Str. 61
12209 Berlin
Deutschland
horn@zedat.fu-berlin.de

627

Hörner, Lars

250

Hornung, Gabriele, Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Fachdidaktik Chemie
Erwin Schrödinger Straße 52
67663 Kaiserslautern
Deutschland
hornung@chemie.uni-kl.de

43

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
22146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

241, 310, 313, 316, 633

Hülsmann, Carolin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
carolin.huelsmann@uni-due.de

355

Huwer, Johannes
Universität des Saarlandes
Campus B 2.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
j.huwer@mx.uni-saarland.de

555

Itzek-Greulich, Heike
Eberhard Karls Universität Tübingen
Institut für Erziehungswissenschaft
Europastraße 6
72072 Tübingen
Deutschland
heike.itzek-greulich@uni-tuebingen.de

226, 235

Janke, Miriam
Forscherstation, K.-T.-Kompetenzzentrum gGmbH
An-Institut d. Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
janke@forscherstation.info

352

Janßen, Wiebke
TU Dresden
Didaktik der Physik
Friedensstr 6
01097 Dresden
Deutschland
wiebke.janssen@tu-dresden.de

636

Jonas-Ahrend, Gabriele, Dr.
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Straße 4
44221 Dortmund
Deutschland
gabriela.jonas-ahrend@tu-dortmund.de

540

Kallweit, Inga
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
inga.kallweit@tu-dortmund.de

558

Kalthoff, Britta
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
britta.kalthoff@uni-due.de

340

Karaböcek, Fadime
Goethe Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
karaboecek@physik.uni-frankfurt.de

399, 615

Karam, Ricardo, Dr.
Universität Hamburg
Physikdidaktik
Binderstraße 34 - Raum 21a
20146 Hamburg
Deutschland
ricardo.karam@uni-hamburg.de

633

Kasper, Lutz, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Abteilung Physik
Oberbettringer Str. 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
lutz.kasper@ph-gmuend.de

705

Kattmann, Ulrich, Prof. Dr.
Universität Oldenburg

462

Kauertz, Alexander, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Didaktik der Physik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
kauertz@uni-landau.de

157, 160, 166, 648

Kechel, Jan-Henrik
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
kechel@physik.uni-kassel.de

304

Kemmerer, Volker
Goethe Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
volker.kemmerer@gmx.de

615

Kessels, Ursula, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
FB Erziehungswissenschaft und Psychologie
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
ursula.kessels@fu-berlin.de

19

Khaddoor, Rouba
Universität Bremen
IDN
Leobener Str. NW2
28334 Bremen
Deutschland
khaddoor@uni-bremen.de

690

Kimmig, Lisa
PH Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79227 Freiburg
Deutschland

588

Kizil, Anja
Universität Oldenburg
Deutschland
anja.kizil@uni-oldenburg.de

462

Klar, Peter J.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Heinrich-Buff-Ring 16
35392 Gießen
Deutschland
Peter.J.Klar@exp1.physik.uni-giessen.de

711

Klein, Pascal
Technische Universität Kaiserslautern
FB Physik / Didaktik
Erwin-Schrödinger-Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
pklein@physik.uni-kl.de

214

Klinghammer, Jens
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
klinghammer.jens@freenet.de

477

Klös, Henning
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
hkloes@mail.upb.de

483

Klug, Tobias
Justus-Liebig-Universität Gießen
Heinrich-Buff-Ring 16
35392 Gießen
Deutschland
tobias.klug@exp1.physik.uni-giessen.de

711

Knemeyer, Jens-Peter, Dr.
Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium
Luisenstr. 27
68199 Mannheim
Deutschland
jpknemeyer@gmail.com

250

Kobbe, Julia
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
julia.kobbe@uni-due.de

597

Koçak, Kübra
Universität Hacettepe, Pädagogische Fakultät
Didaktik der Chemie
6800 Beytepe/ANKARA
Türkei
cc_kubi@hotmail.com

259

Koch, Alexander F.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
alexander.koch@fhnw.ch

402, 405, 408, 411

Koenen, Jenna
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
jenna.koenen@uni-due.de

570, 642, 657

Köhler, Christine
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
koehler@ipn.uni-kiel.de

67

Kölbach, Eva, Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
eva.koelbach@phzh.ch

624

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uni-oldenburg.de

286, 289, 432, 453

Korneck, Friederike, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt/M
Didaktik der Physik
Max von Laue-Str. 1
60438 Frankfurt/M.
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

103, 127

Korner, Marianne
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
marianne.korner@univie.ac.at

94

Kotwica, Anna
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Marienburger Platz 22
31141 Hildesheim
Deutschland
kotwica@uni-hildesheim.de

361

Krabbe, Heiko, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
heiko.krabbe@uni-due.de

202, 367, 390

Kraft, Florian
Gesamtschule Eiserfeld
Talsbachstraße 33
57080 Siegen
Deutschland
flkraft@googlemail.com

319

Krause, Moritz
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Straße, Gebäude NW 2
28359 Bremen
Deutschland
m.krause@uni-bremen.de

552, 681

Kreiter, Bettina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
bettina.kreiter@uni-due.de

202

Kremer, Isabelle
Forscherstation, K.-T.-Kompetenzzentrum gGmbH
An-Institut d. Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
kremer@forscherstation.info

352, 621

Krey, Olaf, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
olaf.krey@uni-potsdam.de

283, 477, 480

Krischer, Barbara
Freie Universität Berlin
Zentrum für Lehrerbildung
krischer@zedat.fu-berlin.de

639

Krofta, Helen
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
hkrofta@zedat.fu-berlin.de

495

Kröger, Jochen
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
kroeger@ipn.uni-kiel.de

106

Krüger, Janne
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Binderstraße 34
20146 Hamburg
Deutschland
Janne.krueger@uni-hamburg.de

310, 313, 316

Krüger, Marvin
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
krueger@physik.uni-frankfurt.de

127

Kuhn, Jochen, Prof. Dr.
TU Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger-Str. 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
kuhn@physik.uni-kl.de

175, 208, 211, 214, 220

Kulgemeyer, Christoph, Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Otto-Hahn-Alle 1
28359 Bremen
Deutschland
kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

118

Kunter, Mareike, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie - Arbeitsbereich Pädagogische Psychologie
Grüneburgplatz 1
60323 Frankfurt am Main
Deutschland
kunter@paed.psych.uni-frankfurt.de

127

Labudde, Peter, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
peter.labudde@fhnw.ch

253, 373, 381, 396, 402, 405, 408, 411

Lammertz, Ines
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
Lammertz@physik.rwth-aachen.de

271, 423, 429

Lamprecht, Jan, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didakik der Physik
Max von Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
lamprecht@physik.uni-frankfurt.de

103

Latef, Ahmed, Dr.
ENS PH Algier
Didaktik der Physik
Fréres Sellami 16
16000 Vieux Kouba
Algerien
elatef2000@yahoo.fr

573

Leiß, Fabian
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
leiss@physik.rwth-aachen.de

543

Lembens, Anja, Prof. Dr.
Universität Wien
Österr. Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie
Porzellangasse 4 / 2
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

85, 322

Leuchter, Miriam, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Leuchter@uni-muenster.de

346

Liepertz, Sven
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
liepertz@uni-potsdam.de

139

Linder, Cedric, Prof. Dr.
Universität Uppsala

178

Lindner, Martin, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
06120 Halle
Deutschland
martin.lindner@biodidaktik.uni-halle.de

618

Löffler, Patrick
Universität Koblenz-Landau
Graduiertenkolleg Unterrichtsprozesse
Thomas-Nast-Straße 44
76829 Landau
Deutschland
loeffler@uni-landau.de

648

Lohse-Bossenz, Hendrik, Dr.
PädQUIS gGmbH
Kooperationsinstitut der Freien Universität Berlin
Ordensmeister Straße 15-16
12099 Berlin
Deutschland
h.lohse-bossenz@paedquis.de

352, 621

Ludwig, Tobias
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Unter den Linden 6
10999 Berlin
Deutschland
tobias.ludwig@physik.hu-berlin.de

163

Magdans, Uta, Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24 - 25
14476 Potsdam
Deutschland
magdans@uni-potsdam.de

702

Mahdi, Benbetka, Dr.
ENS PH Algier
Didaktik der Physik
Fréres Sellami 16
16000 Vieux Kouba Algier
Algerien
ben.betkamahdi@yahoo.fr

61, 573

Maiseyenka, Veronika
Universität Bremen
Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
maiseyen@uni-bremen.de

154

Mansholt, Marko
Universität Oldenburg
Geschichte und Didaktik der Physik
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
marko.mansholt@uni-oldenburg.de

289

Markic, Silvija, Dr.
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Strasse NW2
28334 Bremen
Deutschland
smarkic@uni-bremen.de

79, 82, 534

Marmé, Nicole, PD Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Physik Didaktik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
marme@ph-heidelberg.de

250, 384

Maurer, Christian
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstrasse 31
93053 Regensburg
Deutschland
christian1.maurer@ur.de

387

Mayerl, Jochen, Jun. Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Fachgebiet Empirische Sozialforschung
Erwin Schrödinger Straße 57
67663 Kaiserslautern
Deutschland
Jochen.Mayerl@sowi.uni-kl.de

43

Meinhardt, Claudia
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle (Saale)
Deutschland
claudia.meinhardt@physik.uni-halle.de

283

Melle, Insa, Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

124, 558, 561

Menthe, Jürgen, Juniorprof. Dr.
Universität Hamburg
Fakultät EW, Didaktik der Chemie
Binderstr. 34
20146 Hamburg
Deutschland
juergen.menthe@uni-hamburg.de

46

Metzger, Susanne, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der
Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
susanne.metzger@phzh.ch

142, 145, 624

Michaelis, Julia, Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
j.michaelis@uni-oldenburg.de

465, 486

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
PH Freiburg
Didaktik der Physik
Kunzenweg 21
79119 Freiburg
Deutschland
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

253, 328, 331, 510, 588

Milke, Sabrina
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
milke@ph-ludwigsburg.de

516

Möller, Kornelia, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Kornelia.Moeller@uni-muenster.de

133, 346

Molz, Alexander
TU Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin Schrödinger Str. 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
molz@physik.uni-kl.de

220

Mowka, Marie-Ann
Univeristät Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
marie.ann.mowka@uni-oldenburg.de

465

Mühlenbruch, Tobias
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
tobias.muehlenbruch@fu-berlin.de

414, 417, 420

Müller, Andreas, Prof. Dr.
Universität Genf
Fac. Des Sciences/Inst. Univ. de la
Formation des Enseignants
Pavillon d'Uni Mail (IUFE) Boulevard du
Pont d'Arve 40
1211 Genève
Schweiz
Andreas.Mueller@unige.ch

175, 208, 211, 214, 217, 220, 223

Müller, Ann-Kathrin
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
muel5220@uni-landau.de

160

Müller, Jirka
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
jimuelle@uni-potsdam.de

702

Müller, Stefen
Forscherstation, K.-T.-Kompetenzzentrum gGmbH
An-Institut d. Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
mueller@forscherstation.info

352

Nagel, Andrea Lisa
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
lisa.nagel91@googlemail.com

693

Neumann, Knut, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
neumann@ipn.uni-kiel.de

106, 169, 262, 522, 663

Nick, Sabine, Dr.
IPN
Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
nick@ipn.uni-kiel.de

70

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

121, 414, 417, 420, 468, 495, 501

Nückles, Matthias, Prof. Dr.
Uni Freiburg
Empirische Unterrichts- und Sozialforschung
Rempartstrasse 11
79098 Freiburg
Deutschland
matthias.nueckles|at|ezw.uni-freiburg.de

331

Oettinghaus, Lars
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didakik der Physik
Max von Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
oettinghaus@physik.uni-frankfurt.de

103, 127

Opfermann, Maria, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Lehr-Lernpsychologie
Weststadttürme, Berliner Platz 6-8
45127 Essen
Deutschland
maria.opfermann@uni-due.de

666

Ostersehlt, Dörte, Dr.
Universität Bremen
Didaktik der Biologie
Leobener Straße NW 2
28359 Bremen
Deutschland
ostersehlt@uni-bremen.de

645

Otterbach, Felix
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57076 Siegen
Deutschland

528

Parchmann, Ilka, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
parchmann@ipn.uni-kiel.de

2, 64, 67, 70, 76, 232

Paul, Jürgen, Dr.
Universität Bamberg
Didaktik der Naturwissenschaften
Markusplatz 3 (Noddack-Haus)
96047 Bamberg
Deutschland
juergen.paul@uni-bamberg.de

73

Pawelzik, Janina
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Janina.Pawelzik@uni-muenster.de

346

Peters, Sebastian
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
sebastian.peters@uni-oldenburg.de

453

Petersen, Jennifer
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
jennifer_petersen@outlook.de

531

Petersen, Stefan, Dr.
IPN Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
petersen@ipn.uni-kiel.de

106, 262

Pfeiler, Stephan
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
Deutschland
pfeilers@physik.hu-berlin.de

672

Pflüger-Schmezer, Brigitte
Pädagogische Hochschule Heidelberg
NGT-Institut
Keplerstr. 87
69120 Heidelberg
Deutschland
pflueger-schmezer@forscherstation.info

337

Pietzner, Verena, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
26111 Oldenburg
Deutschland
verena.pietzner@uni-oldenburg.de

244, 361, 681, 696

Platova, Elina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elina.platova@uni-due.de

268

Plotz, Thomas
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
thomas.plotz@univie.ac.at

504

Plückers, Katharina
RWTH Aachen
1. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
plueckers@physik.rwth-aachen.de

426

Pospiech, Gesche, Prof. Dr.
TU Dresden
Didaktik der Physik
Zellescher Weg 20
01069 Dresden
Deutschland
gesche.pospiech@tu-dresden.de

199, 459, 630, 636

Prechtl, Markus, Prof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
KIVA-Gastprofessur im Fachbereich Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
prechtl@chemie.tu-darmstadt.de

579, 582

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

163, 178, 256, 669, 672

Puddu, Sandra
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
sandra.puddu@univie.ac.at

19, 85

Rabe, Thorid, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

283, 477, 480

Ralle, Bernd, Prof. Dr.
TU Dortmund
Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
bernd.ralle@tu-dortmund.de

4, 432, 444, 447, 534, 564

Rath, Viktoria
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburgerstraße 100
330098 Paderborn
Deutschland
rath@mail.upb.de

130

Rau, Sarah
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie, Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sarah.rau@uni-due.de

603

Rautenstrauch, Hanne
Universität Flensburg
Abteilung für Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
hanne.rautenstrauch@uni-flensburg.de

471

Rehfeldt, Daniel
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
d.rehfeldt@fu-berlin.de

417, 420

Rehm, Markus, Prof. Dr.
PH Heidelberg
Didaktik der Chemie
INF 561
69120 Heidelberg
Deutschland
rehm@ph-heidelberg.de

100

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

91, 193

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburgerstraße 100
33098 Paderborn
Deutschland
preinhol@mail.uni-paderborn.de

109, 115, 130, 274, 483

Reschke, Tim
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
tim.reschke@uni-due.de

642

Richtberg, Stefan
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
Stefan.Richtberg@lmu.de

699

Richter, Juliane

687

Riese, Josef, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
josef.riese@upb.de

109, 115, 483

Riewerts, Kerrin, Dr.
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 25
33615 Bielefeld
Deutschland
kerrin.riewerts@uni-bielefeld.de

58

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstrasse 31
93053 Regensburg
Deutschland
karsten.rincke@ur.de

387

Risch, Björn, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
risch@uni-landau.de

265, 546

Robin, Nicolas, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule St. Gallen
Institut Fachdidaktik Naturwissenschaften
Schweiz
Nicolas.Robin@phsg.ch

223

Rohde, Nils
Universität Duisburg-Essen
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
nils.rohde@uni-due.de

666

Rönnebeck, Silke, Dr.
IPN
Erziehungswissenschaften
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
roennebeck@ipn.uni-kiel.de

375

Ropohl, Mathias, Juniorprof. Dr.
IPN
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
ropohl@ipn.uni-kiel.de

375, 606

Roßbegalle, Thomas
TU Dortmund
Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn-Str. 6
44221 Dortmund
Deutschland
thomas.rossbegalle@tu-dortmund.de

444

Ruberg, Tanja
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
tanja.ruberg@uni-oldenburg.de

286

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

349, 597, 600, 603, 666

Salinga, Christian, Dr.
I. Physik. Institut IA
Physikalische Praktika & Didaktik der Physik
Postfach
52056 Aachen
Deutschland
salinga@physik.rwth-aachen.de

540

Sander, Hannes
Universität Hamburg
Fakultät f. Erziehungswissenschaft, Physikdidaktik
Binderstraße 34
20146 Hamburg
Deutschland
hannes.sander@uni-hamburg.de

241

Schanze, Sascha, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
IDN Fachgebiet Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
schanze@idn.uni-hannover.de

295, 687

Schecker, Horst, Prof. Dr.
Universität Bremen
Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
schecker@physik.uni-bremen.de

118, 154, 169, 585, 663

Scheid, Jochen, Dr.
Universität Koblenz-Landau; Campus Landau
INB Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
scheid@uni-landau.de

175

Scheidel, Jan Hauke

46

Scheiter, Katharina

687

Scheuermann, Hilda
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
scheuermann@ipn.uni-kiel.de

606

Schmeling, Sascha, Dr.
CERN
CH-1211 Genf 23
Schweiz
sascha.schmeling@cern.ch

217, 450, 507

Schmidt, Maike
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie - Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
maike.schmidt@uni-due.de

349

Schmitt, Anna
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
anna.schmitt@tu-dortmund.de

124

Schneider, Vincent
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustraße 3
14195 Berlin
Deutschland
vincent.schneider@fu-berlin.de

609, 639

Schnotz, Wolfgang, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
FB 8/Psychologie
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
schnotz@uni-landau.de

175

Schödl, Anja
Universität Regensburg
Naturwissenschaft und Technik (NWT)
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
anja.schoedl@physik.uni-regensburg.de

364

Schreiber, Nico, Dr.
Universität Duisburg - Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
nico.schreiber@uni-due.de

340, 654

Schröter, Evelin
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Institut für Naturwissenschaften, Abt. Physik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
evelin.schroeter@ph-gmuend.de

187

Schulte, Carsten, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Informatik
Königin-Luise-Str. 24-26
14195 Berlin
Deutschland
Carsten.Schulte@fu-berlin.de

495

Schulte, Theresa

537, 609

Schulz, Johannes
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
Deutschland
schulzj@physik.hu-berlin.de

669

Schulze Heuling, Lydia
KeBU Freiburg
Didaktik der Physik, PH Freiburg
Kunzenweg 21
79119 Freiburg
Deutschland
lydiaheuling@gmx.de

331

Schüssele, Bernd
Pädagogische Hochschule Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
bernd.schüssele@ph-freiburg.de

328

Schüßler, Katrin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
katrin.schuessler@uni-due.de

570

Schwarz, Irina
RWTH Aachen University
schwarz@physik.rwth-aachen.de

423

Schwarzer, Stefan, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
schwarzer@ipn.uni-kiel.de

226, 232

Schwichow, Martin
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
schwichow@ipn.uni-kiel.de

151, 660

Seelmann, Carolin
Stiftung Lesen
Institut für Lese- und Medienforschung
Römerwall 40
55131 Mainz
Deutschland
Carolin.Seelmann@stiftunglesen.de

334

Sieve, Bernhard
Leibniz Universität Hannover
IDN Fachbereich Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30176 Hannover
Deutschland
sieve@idn.uni-hannover.de

295

Siol, Antje, Dr.
Universität Bremen
Center for Environmental Research and Sustainable Technology
Leobener Str. UFT
28359 Bremen
Deutschland

549

Skorsetz, Nina
Forscherstation Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum
für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH
Speyerer Str. 6
69115 Heidelberg
Deutschland
skorsetz@forscherstation.info

334, 591

Sokolowski, Sascha
Studienseminar Hannover I
Berliner Allee 8
30175 Hannover
Deutschland
SSSOKO@t-online.de

244

Spitzer, Philipp
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57076 Siegen
Deutschland
spitzer@chemie.uni-siegen.de

528, 582

Stachelscheid, Karin, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
karin.stachelscheid@uni-due.de

531

Stahl, Elmar, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Mediendidaktik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
elmar.stahl@ph-freiburg.de

328

Stang, Justine
Universität Passau
Pädagogische Psychologie
Innstraße 25
94032 Passau
Deutschland
justine.stang@uni-passau.de

70

Starauschek, Erich, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
76134 Ludwigsburg
Deutschalnd
starauschek@ph-ludwigsburg.de

184, 516, 567

Steckenmesser-Sander, Kathrin
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
Kathrin.Steckenmesser-Sander@didaktik.physik.uni-giessen.de

97

Storck, Tim
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
t.s@lmu.de

651

Straube, Philipp
Freie Universität Berlin
Fachbereich Physik - Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
philipp.straube@fu-berlin.de

121

Strecker, Sigrid
Stiftung Lesen
Programmbereich Kindertagesstätte
Römerwall 40
55131 Mainz
Deutschland
Sigrid.Strecker@stiftunglesen.de

334

Streller, Sabine

609

Strelow, Stephanie
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
strelow@zedat.fu-berlin.de

468

Strübe, Martina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
martina.struebe@uni-due.de

612

Stübi, Claudia
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
claudia.stuebi@fhnw.ch

402, 405, 408, 411

Sumfleth, Elke, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

277, 498, 519, 570, 612, 642, 657

Sunder, Cornelia
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Cornelia.Sunder@uni-muenster.de

133

Tardent, Josiane
PH Zürich
Zentrum für Didaktik der
Naturwissenschaften
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
josiane.tardent@phzh.ch

145

Temel, Senar, Dr.
Hacettepe Universität
Didaktik der Chemie
Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitim, B Blok,
Beytepe
6800 Ankara
Turkei
senar@hacettepe.edu.tr

280

Tempel, Benjamin

100

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@chemie.uni-regensburg.de

489, 498, 612

Theyßen, Heike, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
heike.theyssen@uni-due.de

169, 340, 540, 654, 663

Thoms, Lars-Jochen
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
l.thoms@lmu.de

693

Thyssen, Christoph, Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Fachdidaktik Biologie
Erwin Schrödinger Straße 52
67663 Kaiserslautern
Deutschland
thyssen@rhrk.uni-kl.de

43

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de

675

Tietze, Wolfgang

352

Toczkowski, Thomas
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
thomas.toczkowski@tu-dortmund.de

447

Todorova, Maria
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Maria.Todorova@uni-muenster.de

133, 346

Tolsdorf, Yannik
Universität Bremen
Chemiedidaktik
Leobener Straße NW 2
28359 Bremen
Deutschland
y.tolsdorf@uni-bremen.de

552

Tomczyszyn, Elisabeth
Universität Bremen
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
e.tomczyszyn@uni-bremen.de

118

Trauschke, Mathias
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Biologie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
trauschke@idn.uni-hannover.de

513

Trautmann, Andreas
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
trautmann@uni-landau.de

157, 160

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

217, 492

Tröger, Holger
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
holger.troeger@uni-due.de

498

Trump, Stephanie
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
trump@physik.rwth-aachen.de

370

Uhden, Olaf, Dr.
Universität Hamburg
Physikdidaktik

199, 633

Ulrich, Nina
Leibniz Universität Hannover
IDN Fachbereich Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
ulrich@idn.uni-hannover.de

687

Upmeier zu Belzen, Annette, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Biologie
Invalidenstraße 42
10115 Berlin
Deutschland
annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

672

Urban-Woldron, Hildegard, Dr.
Pädagogische Hochschule Niederösterreich
Mühlgasse 67
2500 Baden
Österreich
hildegard.urban-woldron@ph-noe.ac.at

343

Urhahne, Detlef, Prof. Dr.
Universität Passau
Pädagogische Psychologie
Innstr. 25
94032 Passau
Deutschland
detlef.urhahne@uni-passau.de

70

Vogt, Patrik, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
patrik.vogt@ph-freiburg.de

588, 705

Vollmer, Christian, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Empirische Bildungsforschung/Psychologie
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
vollmer@ph-heidelberg.de

100

von Arx, Matthias, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
matthias.vonarx@fhnw.ch

396

von Aufschnaiter, Claudia, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
Claudia.von-Aufschnaiter@didaktik.physik.uni-giessen.de

97, 142, 148, 711

von Öhsen, Romina
Universität Bremen
Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
romina.v.oehsen@googlemail.com

585

Vorholzer, Andreas
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
andreas.vorholzer@didaktik.physik.uni-giessen.de

148

Vorst, Silke
Schülerlabor-Netzwerk GenaU
Freie Universität Berlin
Fabeckstr. 34-36
14195 Berlin
Deutschland
vorst@genau-bb.de

229

Wächter, Melanie
Universität Koblenz-Landau
Didaktik der Physik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
waechter@uni-landau.de

166

Wackermann, Rainer, Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
Rainer.Wackermann@rub.de

393

Wagner, Steffen
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
Deutschland
steffen.wagner@physik.hu-berlin.de

178

Walpuski, Maik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
maik.walpuski@uni-due.de

268, 355

Watzka, Bianca, Dr.
LMU München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
bianca.watzka@lmu.de

594

Weber, Katrin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
katrin.weber@uni-due.de

519

Weberndorfer, Christoph

322

Weirauch, Katja
Universität Würzburg
Didaktik der Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
Deutschland
Katja.Weirauch@uni-wuerzburg.de

325

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
INF 562
69120 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

298, 334, 337, 384, 591

Wenzel, Michael
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wenzel@physik.uni-frankfurt.de

684

Weßnigk, Susanne, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
s.wessnigk@ipn.uni-kiel.de

522

Wiener, Gerfried
CERN
Universität Wien
Rue Jean-Antoine-Gautier 16/35
1201 Genève
Schweiz
gerfried.wiener@cern.ch

450

Wiesner, Hartmut, Prof. Dr. Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de

438

Wilbers, Jens, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
jens.wilbers@ph-freiburg.de

510

Wilhelm, Markus, Prof. Dr.
PH Luzern
Didaktik der Biologie
Museggstrasse 22
CH-6004 Luzern
Schweiz
markus.wilhelm@phlu.ch

100

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

432, 438, 684

Windt, Anna, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
anna.windt@uni-due.de

600, 603

Winterink, Kathrin

Deutschland

666

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

31, 304, 307

Woest, Volker, Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
7743 Jena
Deutschland
volker.woest@uni-jena.de

55, 474, 576, 678

Woitkowski, David
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
david.woitkowski@upb.de

109

Yılmaz, Ayhan, Prof. Dr.
Hacettepe Universität
Didaktik der Chemie
Egitim Fak. Kimya Egitimi ABD. B Blok
Beytepe
6800 Ankara
Türkei
ayhany@hacettepe.edu.tr

280

Zander, Simon
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 1
45141 Essen
Deutschland
simon.zander@uni-due.de

112, 390

Zimmermann, Monika, Dr.
Forscherstation, K.-T.-Kompetenzzentrum gGmbH
An-Institut d. Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Speyerer Straße 6
69115 Heidelberg
Deutschland
zimmermann@forscherstation.info

352, 621

Zokaie, Justus
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didakik der Physik
Max von Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
jszokaie@gmail.com

103

Die 41. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2014 an der Universität Bremen ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ 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 ISBN 978-3-89088-362-5